



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП**  
**ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**  
**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**  
**ШТИП**

**САШО ЈОВЧЕВСКИ**

**ПРОЦЕНКА НА ГЕОТЕХНИЧКАТА СТАБИЛНОСТ**  
**НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ И МЕРКИ И ПОСТАПКИ ЗА**  
**НИВНА СТАБИЛИЗАЦИЈА**

**МАГИСТЕРСКИ ТРУД**

**Штип, Фебруари 2011**

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

**Комисија за оценка и одбрана**

- Ментор:** проф. д-р. Зоран Панов,  
шеф на Катедрата за површинска експлоатација,  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип,
- Член:** проф. д-р. Тодор Делипетров  
шеф на Катедрата за геологија и геофизика,  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип
- Член:** проф. д-р. Зоран Десподов  
шеф на Катедрата за подземна експлоатација,  
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

**Датум на одбрана** \_\_\_\_\_

**САШО ЈОВЧЕВСКИ**

**ПРОЦЕНКА НА ГЕОТЕХНИЧКАТА СТАБИЛНОСТ  
НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ И МЕРКИ И ПОСТАПКИ ЗА  
НИВНА СТАБИЛИЗАЦИЈА  
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП**

## **Абстракт:**

Целта на оваа магистерска работа е да се анализира стабилноста во рудникот „Суводол“ во изминатата 2009/2010 година, поточно од Април 2009 до Април 2010 год.

Во првата половина на 2008 година во рудникот „Суводол“ имаше една алармантна ситуација, при што целото лежиште се движеше дневно околу 1 см од југоисток кон Северозапад, така што оваа ситуација се пренесе директно во работењето на рудникот.

За решавање на оваа ситуација беа потребни подетални анализи на стабилноста на копот, а исто така и поконцизни планови за работа на системите во рудникот „Суводол“ и многу внимателно следење на состојбата на теренот и мониторинг на системот од пукнатини, што беа појавени тоа во време.

Во оваа магистерска работа е анализиран само еден мал дел од сите настани, активности, одлуки и преземени чекори во тој период во рудникот „Суводол“. Имено, прикажан е само мал дел од анализата на геотехничката стабилност на работните косини и мерките и постапките за нивна стабилизација.

## **Клучни зборови**

**анализа, стабилност, работни косини, мерки, стабилизација**

**Abstract:**

The objective of this master work is to analyze stability in the mine Suvodol in the past year 2009/2010 rather than in April 2009 to April 2010 year.

In the first half of 2008 the mine Suvodol had a alarming situation where the entire bearing moved about 1 cm per day from Southeast towards Northwest so that this situation be transmitted directly to the operation of our mine.

To resolve this situation needed further detail analysis of the stability of the open pit and also more specific plans for working on our systems in the mine Suvodol and carefully monitoring of the situation on the ground and monitoring the system of cracks that were shown that time.

This master work is analyzed only a small part of all events, activities, decisions and steps taken in this period in mine Suvodol, shown only a small part of the analysis of the stability of working geotechnical slope measures and procedures for their stabilization.

**Keywords**

**analysis, stability, working slope, measures, stabilization**



## СОДРЖИНА

<b>1. ВОВЕД .....</b>	<b>8</b>
1.1. ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО .....	11
1.2. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО .....	11
1.3. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕ .....	12
1.4. ОСВРТ НА ДОСЕГАШНИТЕ ИСТРАЖУВАЊА.....	12
<b>2. РАБОТНИ КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОП.....</b>	<b>13</b>
<b>3. СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ .....</b>	<b>21</b>
<b>4. МЕТОДИ ЗА ПРОЦЕНКА НА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИТЕ .....</b>	<b>30</b>
4.1. МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТА НА КОСИНИТЕ СО ГРАНИЧНА РАМНОТЕЖА .....	30
4.1.1. Фактор на сигурност .....	32
4.1.2. Минимален фактор на сигурност.....	34
4.1.3. Метод на ламели.....	36
4.1.4. Метод на Bishop.....	39
4.1.5. Метод на Janbu .....	41
4.1.6. Метод на Spenser.....	45
4.1.7. Метод на НОЕК – рамно кршење (лом) на косината .....	46
<b>5. ОСНОВНИ ГЕОЛОШКИ И СТРУКТУРНО – ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПЕЛАГОНИСКИОТ БАСЕН .....</b>	<b>50</b>
<b>6. ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИ И ТЕХНИЧКО – ТЕХНОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РАБОТНАТА СРЕДИНА .....</b>	<b>62</b>
6.1. МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ .....	62
6.1.1 Цврсто врзани каменити карпести маси .....	62
6.1.2 Цврсто врзани полукаменити карпести маси .....	62
6.1.3 Цврсто врзани полукаменити до слабо врзани карпести маси .....	63

6.1.4	Слабо врзани карпести маси.....	63
6.1.4.1.	Алувијални песокливи глини .....	63
6.1.4.2.	Делувијални песокливи глини .....	63
6.1.4.3.	Јагленова глина.....	64
6.1.5	Невразни карпести маси .....	64
6.1.5.1.	Колувијални творби.....	64
6.1.5.2.	Алувијални песокливи и песокливо-чакалести седименти .....	64
6.2.	ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ .....	65
6.2.1	Застапеност на хидрогеолошките појави и нивното влијание врз одводнетоста на наоѓалиштето .....	65
6.2.2	Хидрогеолошка функција на литолошките членови .....	66
6.3.	ГЕОМЕХАНИЧКИ ПАРАМЕТРИ КОРИСТЕНИ ПРИ АНАЛИЗАТА НА СТАБИЛНОСТА .....	67
7.	АНАЛИЗА НА ГЕОТЕХНИЧКАТА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ.....	70
7.1.	АНАЛИЗА НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ .....	70
7.2.	ТРЕНД АНАЛИЗА НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ .....	88
7.2.1.	ПРОФИЛ 49 - 49' .....	88
7.2.1.1.	Анализа според податоци за Fs од методот на ламели .....	90
7.2.1.2.	Анализа според податоци за Fs од методот на Bishop .....	94
7.2.1.3.	Анализа според податоци за Fs од методот на Janbu .....	98
7.2.1.4.	Анализа според податоци за Fs од методот на Spencer .....	103
7.2.2.	ПРОФИЛ Р 09 – 09' .....	107

7.2.2.1. Анализа според податоци за Fs од методот на ламели .....	108
7.2.2.2. Анализа според податоци за Fs од методот на Bishop .....	112
7.2.2.3. Анализа според податоци за Fs од методот на Janbu .....	117
7.2.2.4. Анализа според податоци за Fs од методот на Spencer .....	121
7.2.3. ПРОФИЛ 53 – 53' .....	126
7.2.3.1. Анализа според податоци за Fs од методот на ламели .....	127
7.2.3.2. Анализа според податоци за Fs од методот на Bishop .....	131
7.2.3.3. Анализа според податоци за Fs од методот на Janbu .....	136
7.2.3.4. Анализа според податоци за Fs од методот на Spencer .....	140
<b>8. МЕРКИ ЗА СТАБИЛИЗАЦИЈА НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ .....</b>	<b>145</b>
8.1. ХИДРОГЕОЛОШКИ МЕРКИ .....	146
8.2. ГЕОМЕТРИСКИ - ТЕХНОЛОШКИ МЕРКИ .....	148
8.3. РУДАРСКО ТЕХНОЛОШКИ МЕРКИ .....	151
8.4. ГЕОЛОШКО ИНЖЕНЕРСКИ МЕРКИ .....	152
<b>9. ДИСКУСИЈА.....</b>	<b>153</b>
<b>10. ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ ЗА НАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА.....</b>	<b>155</b>
<b>11. ПРИЛОЗИ .....</b>	<b>159</b>
<b>12. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>183</b>

## **1. ВОВЕД**

Во современите услови на живеење основна потреба на секое нормално, здраво општество, што се развива во нормална насока, е енергијата. Таа е потреба за одржливост, развој и напредок. Енергетскиот биланс во Р. Македонија дава податоци дека 80 % од вкупното производство на електрична енергија отпаѓа на нејзиното добивање од фосилните горива – јаглените. Задржувајќи го овој тренд на развој, користењето на јаглените како главни енергетски сировини, ќе биде еден од сегашните, но и идните двигатели и чинители на енергетскиот биланс во државата во наредните дваесетина години.

Како што е познато, над 80 % од целокупното производство на електрична енергија во Р. Македонија се обезбедува од термоцентралите на РЕК „БИТОЛА“ – Битола и РЕК „ОСЛОМЕЈ“ – Кичево, што се изградени врз основа на откриените резерви на јаглен.

Векот на работа на ТЕ – „Битола“, со моќ од 3 x 225 MW, е во непосредна зависност од преостанатите експлоатациски резерви на јаглен на ПК „Суводол“, каде што (заклучно со 31.12. 2009 година) до крајот на експлоатацијата преостануваат околу 27 (дваесет и седум) милиони тони јаглен, додека вкупните маси на јаловина во копот до крајот на експлоатацијата изнесуваат околу 25 милиони m<sup>3</sup>, што значи дека експлоатацискиот коефициент на откривка изнесува помалку од 1m<sup>3</sup>/ t.

Со балансираното производство на електрична енергија, според програмата на АД ЕЛЕМ, овие резерви ќе се потрошат околу 2013 година. По овој период може да се јави недостаток на електрична енергија, ако навреме не се преземат соодветни чекори за дефинирање и реализирање на соодветна стратегијата за развојот на енергетиката.

Поради тоа АД ЕЛЕМ, има превземено соодветни мерки, како што е, на пример паралелната експлоатација на новиот површински коп Брод -

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

---

Гнеотино. Паралелната експлоатација на јаглен и откривка во ПК „Суводол“, ПК Брод – Гнеотино и планираната експлоатација во ПЈС „Суводол“ ќе се изведува во сложени геотехнички услови на работа, со нагласена потреба за хомогенизација на јагленот.

Основна проблематика на експлоатацијата на јагленот и јаловината во овие рудници е стабилноста на косините, па оттука и предметот на истражување на оваа магистарска работа е **„Проценка на геотехничката стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација“**.

Најтипични фактори за нарушување на стабилноста на косините се: промената на геометрискиот облик, парцијалното или локалното зарушување, т.е. лизгање, односно создавањето на нови косини. При промените на обликот на косините доаѓа до промена во напонската состојба, а во одделни зони во карпестите масиви се јавуваат нови напонски состојби, односно нови деформации. Кога оваа нова напонска состојба предизвикува критични деформации, тогаш доаѓа до големи промени и деформации на геометрискиот облик на косините во целина или во некој нивни дел.

Промената на физичко - механичките својства на карпестите маси е многу чест причинител за појава на нестабилност на косината. Промената на нивото на подземни води, нивното замрзнување и одмрзнување и слично, исто така создава нови услови во напонската состојба на карпестата маса и доведува до појава на нестабилност на косината.

Долготрајниот процес на промени во напонската состојба и формата на деформација, при еднакви останати услови во кои што се наоѓа карпестата маса, може да доведе до нестабилности на косината. Притоа, во одделни делови на карпестите маси се јавува преоптоварување и деформации што ја намалуваат стабилноста на косината во целина.

Процесот на ослободување на напонот во близина на новосоздадената косина, предизвикува нов дисконтинуитет и ослабување на

## **Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација**

---

карпестата маса. Услов за стабилност на секоја косина е да постои рамнотежа меѓу надворешните сили и внатрешниот отпор на средината од косината.

Континуираното анализирање на геотехничката состојбата на стабилноста на косините на откопните блокови во рудникот „Суводол“ дава можност за проценка на сигурноста на тековниот процес на експлоатација како и планирање на натамошниот развој. Едни од главните фактори за проценка на стабилноста на косините се физичко - механичките својства на карпестите маси. Каква било промена на нивото на подземните води, т.е. нивното замрзнување и одмрзнување и слично, создава нови услови во напонската состојба на карпестата маса и доведува до појава на нестабилност на косината.

### **1.1. ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Предмет на истражување на оваа магистерска работа е анализата што ќе го опфати глобално површинскиот коп, како и оделните откопни блокови, и тоа во периодот од Април 2009 до Април 2010 година.

Анализата на стабилноста на косините во ПК „Суводол“ ја врши стручен тим од Факултетот за природни и технички науки, Институтот за рударство, т.е. Катедрата за површинска експлоатација.

Предмет на ова истражување се откопните блокови на ПК „Суводол“, односно работната средина, и работните косини што се опфатени со секојдневната експлоатација, како и веќе завршените косини на етажите на ПК „Суводол“.

### **1.2. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Основните цели на истражувањето се во функција на пресметување, проценка и анализа на геотехничката стабилност на работните и завршните косини на ПК „Суводол“. Поточно, целите на истражувањето се во согласност со основната задача на месечните анализи, а тие се:

- пресек на анализите за изминатата година,
- анализирање и согледување на добиените резултати,
- оцена на преземени активности од страна на раководството на ПК „Суводол“,
- осврт на постигнатите резултати.

### **1.3. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Методологијата на ова истражување е во согласност со предметот, односно постигнувањето на целите и, пред се, остварувањето на проектната задача.

Методологијата на истражувањето, главно вклучуваше теренско истражување и макроскопска проценка на геотехничката стабилност на копот и откопните блокови, а со математичкото анализирање и примена на современи методи со гранична рамнотежа се анализираше геотехничката стабилност на косините на површинскиот коп. При анализирањето беа користени современите методи за дефинирање на стабилноста на косините. При тоа беа избрани најкарактеристичните методи од оваа одласт, односно:

- методот на ламели,
- методот на Bishop,
- методот на Spencer,
- методот на Janbu и
- методот на Ноак.

### **1.4. ОСВРТ НА ДОСЕГАШНИТЕ ИСТРАЖУВАЊА**

За претходните месеци беа изработени дванаесет месечни извештаи и пет дополнителни извештаи за стабилноста на косините на откопните блокови во ПЕ Рудник „Суводол“, така што во оваа магистарска работа се анализираат податоците добиени со овие истражувања, а се однесуваат на движењето на стабилноста на косините на откопните блокови во изминатата година. Потоа беше извршена компарација на добиените резултати во изминатата година и се направи осврт на добиените показатели.

Овде може да се напомене дека во досегашните испитувања биле направени многу анализи како во главните рударски проекти, така и во останатите испитувања што постојано се вршат во ПК „Суводол“ и се проценуваат резултатите за стабилноста.



Едно од тие истражувања е и она за завршната косина на ПК „Суводол“ што е основна карпа (гнајс) и притоа се земени предвид основните физичко - механички својства на карпестиот материјал, потоа геометријата на косината и сите елементи што се потребни за да се направи подобра анализа на стабилноста на завршната косина.

Пресметката е направена според методот на Ноак, а резултатите се дадени во следните два графика каде што се гледа зависноста на аголот на завршната косина во однос на коефициентот на сигурност.

## **2. РАБОТНИ КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОП**

На површинскиот коп „Суводол“ постојат различни работни средини и во зависност од тоа на кој систем припаѓаат има различни работни косини, што зависи од кохезијата и цврстината на материјалот.

Конкретно во јагленов систем најчесто работните косини се вертикални, поради големиот агол на внатрешно триење на јагленот, така што технологијата на копање се изведува со спуштање на копачот на багерите т.е. со вертикално копање, при што се прават вертикални резови што достигнуваат агол на косина до  $90^{\circ}$ .

Косините на јаловинските системи, исто така, се различни во зависност од работната средина.

Работните косини во трепелите, што не се нарушени, се со агол на страничната косина од околу  $55^{\circ} - 65^{\circ}$ , додека челните косини се со агол од  $50^{\circ} - 55^{\circ}$ . Овде се користи технологија на хоризонтално напредување со 3 до 4 резови на етажите во зависност од височината на етажот.

Бидејќи косините во квартално - делувијалните седименти немаат правилни агли, зашто доаѓа до постојано локално зарушување на песоците и

другите седименти, така што не може да се формира етажа со правилни резови и бочните и челните косини зависат од кохезијата на седиментите.

Роторните багери, според техничките карактеристики се детерминирани да работат во висински блок. Битни технолошки параметри при работа на багерот во блок се:

- височината на блокот;
- височината на резот;
- бројот на резовите;
- аголот на наклон на страничната косина;
- аголот на наклон на челната косина;
- широчината на блокот;
- должината на блокот.

Анализата на технолошките можности на роторните багери се сведува на дефинирање на геометриските и математичките зависимости меѓу конструктивно - технолошките параметри на роторниот багер и параметрите на работната средина, па во рамките на тие зависимости се врши проектирање на најрационални технолошки шеми. Целта на откопувањето е што поголемо зафаќање на масите што се копаат, односно што поголемо капацитетно и временско искористување на опремата.

На следната шема се прикажани технолошките параметри за работа на багерот СРс 1300 во висински блок, а понатаму се дадени основните параметри на блокот за работа на роторниот багер зашто од тие параметри директно зависи стабилноста на косините. Доколку не се почитуваат основните параметри што се пресметуваат за секој багер поединачно, тогаш нема да се знае за каков блок се работи, т.е. дали за висински, длабински, со подетажа итн.

▪ **ВИСОЧИНА НА БЛОКОТ**

Височината на блокот претставува висинската разлика помеѓу нивелираноста на врвот на етажата и нивелираноста на поставеност на роторниот багер. Максималната височина на блокот е лимитирана од конструктивните карактеристики на катарката на работното тркало, потоа димензиите на работното тркало и граничниот агол на наклон на катарката од работното тркало што, пак, зависи од аголот на тркалање на откопаниот материјал во состојба на движење.

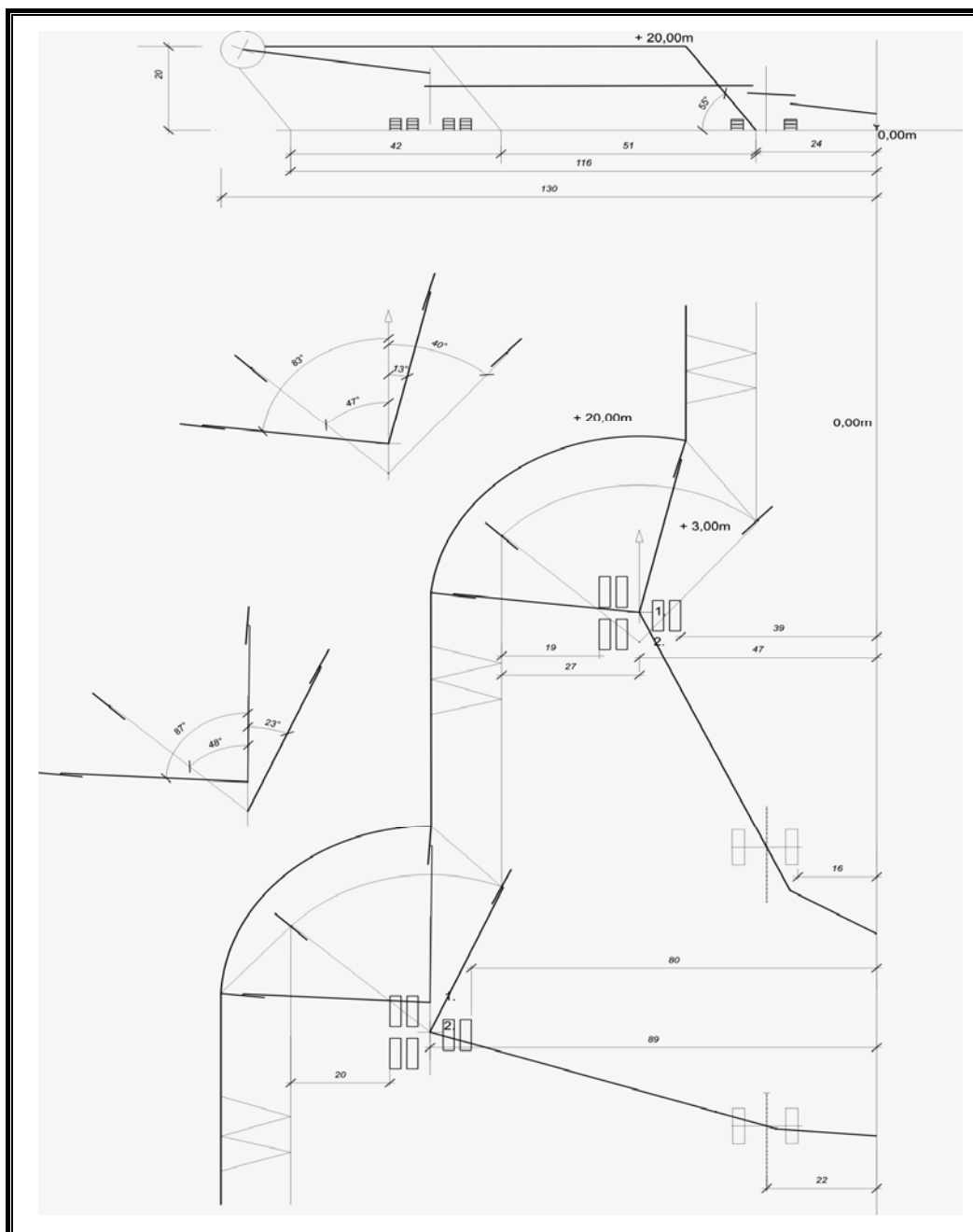
Според скицата 1, максималната височина на копање на роторниот багер може да се оредели според следнава формула:

$$H_{\max} = h + 0,5 \cdot r$$

каде

$h$  - височина помеѓу нивелираноста на поставеност на багерот и оската на работното тркало при максимална подинска катарка на работното тркало (m);

$r$  - радиус на работното тркало на роторниот багер (m).



Скица 1. Скица за определување на максималната височина на  
роторните багери

Figure 1. Sketch to determine the maximum height of rotor excavator

Височината на центарот на роторното тркало, во положба на максимално подигната катарка од работното тркало, се определува според формулата:

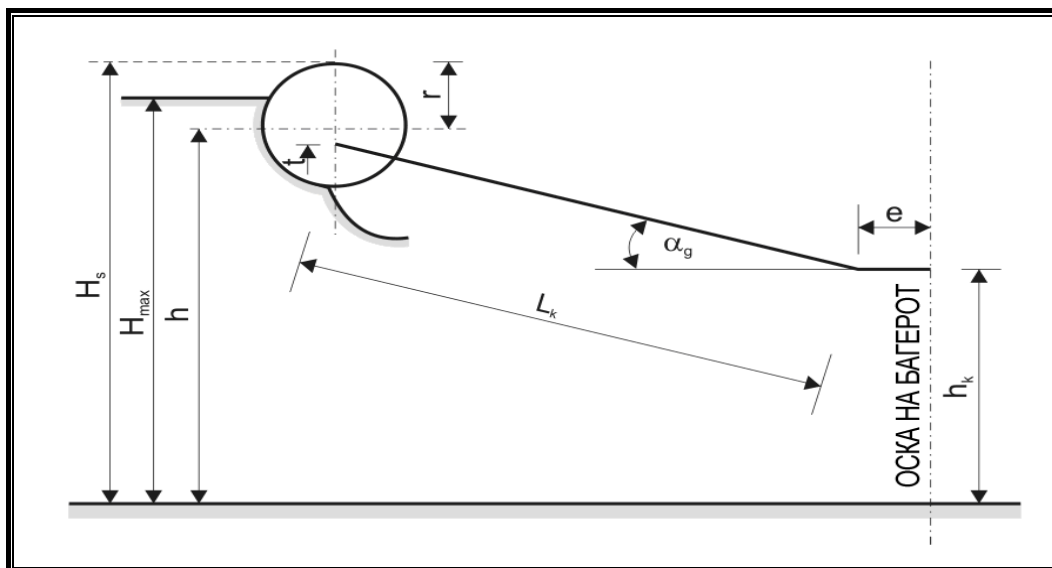
$$h = \sin \alpha_g \cdot L_k + t + h_k$$

каде

$L_k$  - должина на катарката, мерена од местото на вжлебување до оската на работното тркало (m);

$t$  - висинска разлика помеѓу центарот на работното тркало и оската на катарката (m);

$h_k$  - висинска разлика помеѓу местото на вжлебување на катарката од работното тркало и планумот на багерот (m).



Скица 2. Височина на копање на роторниот багер  
Figure 2. Height of the rotor excavator digging

Височината  $H_{max}$  ја претставува максимално дозволената височина на копање со роторниот багер. Овде е потребно е да се определи и специјалната височина на копање или таканаречената височина на „краток од“, што не фигурира во пресметките, а се користи само за симнување на врвовите од

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

етажите во стабилните материјали на критично растојание. Оваа височина на копање не е препорачлива, главно заради безбедност на багерот.

Специјалната височина на копање ја претставува висинска разлика помеѓу планумот на багерот и најиздадената точка на работното тркало, и тоа кога катарката максимално е подигната, односно:

$$H_s = h + r \text{ (m)}.$$

Врз основа на претходните равенства се пресметани се височините на блоковите за роторните багери:  $SRs\ 2000 \cdot 32/5 + VR$  и  $SRs\ 1300 \cdot 26/5 + VR$ .

Бидејќи за роторниот багер  $SRs\ 1050 \cdot 23/2$  не се расположиви сите неопходни конструктивни параметри, височината на блокот е усвоена врз основа на типизацијата на производителот во називот на багерот. Во табелата 1 се дадени пресметаните и усвоените височини на блоковите на багерите што моментално работат во ПЕ „Рудници“ и за коишто постојат техничко - технолошки карактеристики.

Табела 1. Височина на копање на роторен багер  
Table 1. Height of the rotor excavator digging

Р.Б.	Роторен багер	БТО-БТЈ систем	Параметри на багерот за пресметка						Пресметани висини	Усвоена висина
			h (m)	r (m)	$\alpha_g$ (°)	$L_k$ (m)	t (m)	$h_r$ (m)	$H_{max}$ (m)	$H_{max}$ (m)
1.	$SR_s\ 2000 \cdot 32/5 + VR$	I БТО Брод	29	6	18	44	1,13	12	32	32
2.	$SR_s\ 1300 \cdot 26/5 + VR$	„I“ БТО Суводол	23,68	4,5	18	34,4	1,5	12	25,93	26
3.	$SRs\ 1050 \cdot 23/2$	ПЈС		5,25		27				23

Наведените височини на блоковите на одделните роторни багери се оние што овие багери можат да ги остварат. На поедините делови од етажите, во зоните каде што тоа е потребно, ќе се откопуваат блокови со поголема височина, но со помош на подетажи и рампи, при што основната височина и

натаму ќе остане на бараните (геомеханички услови за стабилност) дваесет метри.

Максималната длабочина на копање под нивелираноста на поставеност на багерот се определува според равенството:

$$H_{d\max} = L_k \cdot \sin \alpha_{dg} + r - t - h_r$$

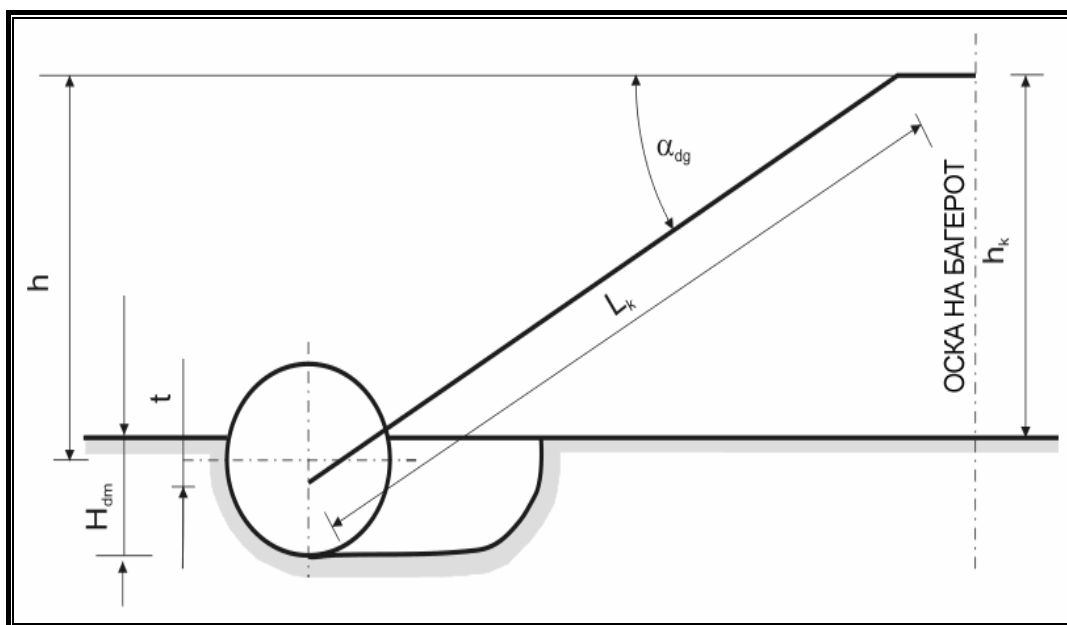
каде

$H_{d\max}$  – максимална длабочина на копање под нивелетата на поставеност на багерот (m);

$L_k$  – должина на катарката од работното тркало (m);

$\alpha_{dg}$  – агол меѓу положбата на катарката во хоризонтална состојба и положбата во максимално спуштена состојба при работа под нивелетата на поставеност (°);

$t$  – растојание меѓу оската на работното тркало и врвот на етажата на длабинско копање (m).



Скица 3. Длабочина на копање  
Figure 3. Depth of digging

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

На табела 2 е дадена длабочината на копање на багерите што моментално работет во ПЕ „Рудници“ на ископ на јаловина.

Табела 2. Длабочина на копање на роторен багер  
Table 2. Depth of digging of the rotor excavator

Р.Б.	Роторен багер	БТО-БТЈ систем	Параметри на багерите					Пресметани длабини	Усвоена длабина
			$L_k$ (m)	$\alpha_{dg}$ (°)	$r$ (m)	$t$ (m)	$h_r$ (m)	(m)	(m)
1.	SRs 2000 · 32/5 + VR	I БТО Брод	44	20	6	1,13	12	5	5
2.	SRs 1300 · 26/5 + VR	„I“ БТО Суводол	34,4	20	4,5	1,5	12	5	5
3.	SRs 1050 · 23/2	ПЈС	27						2

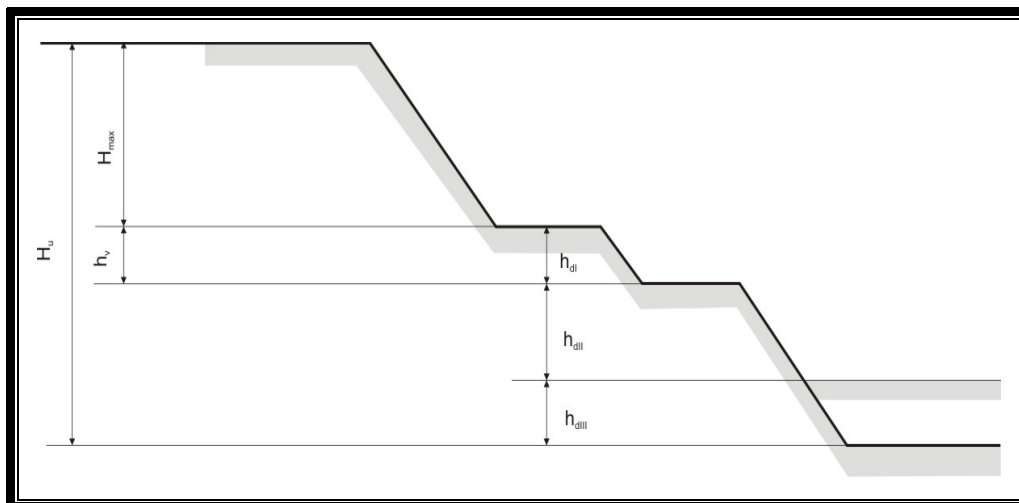


### 3. СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИТЕ

Стабилноста на косините во рудниците е еден основните фактори за стабилноста на целиот рудник, зашто од елементите на стабилноста на косините зависи стабилноста на секој рудник, генерално. Стабилноста на косините зависи од повеќе фактори, што ќе бидат објаснети натаму во текстот.

- **Височина на етажата**

Височината на етажата зависи од работните карактеристики на багерот што конкретно се користи на определена етажа. Во ПК „Суводол” има шест багерски единици што имаат различни работни карактеристики и кај секој багер височината на етажата е различна. Така, конкретно, кај багерот СРс 2000 максималната височина на работната етажа е 27 m; кај багерот СРс 1300 оваа височина изнесува 24 m; кај багерот СРс Н 1050 максималната височина е 22 m; височината на етажата на багерот КУ 300 е 15 m; додека кај СРс 630 таа е 13 m. Ова значи дека секоја багерска единица во зависност од нејзините карактеристики и големина има различна максимална височина на копање, а тоа подразбира и различна височина на етажата.



Скица 4. Вкупна височина на копање  
Figure 4. Total height of digging

Вкупната височина на копање на роторниот багер (скица 4) се определува со следнава релација:

$$H_u = H_{\max} + h_v + h_{dl} + h_{dll} + H_{d\max}$$

каде

$H_{\max}$  – максимална височина на копање на багерот над нивелетата на стоење во висински блок (m);

$h_u$  – височинска разлика над нивелетата на стоење на багерот и нивелетата на етажниот транспортер, при работа на багерот во висински блок со рампа за основната машина (m);

$h_{dl}$  – височинска разлика меѓу нивелетата на транспортерот и нивелетата на стоење на основната машина од претоварниот постројка (m);

$h_{dll}$  – височинска разлика помеѓу нивелетата на претоварната постројка и нивелетата на багерот, при работа на багерот под нивелетата на етажниот транспортер (m);

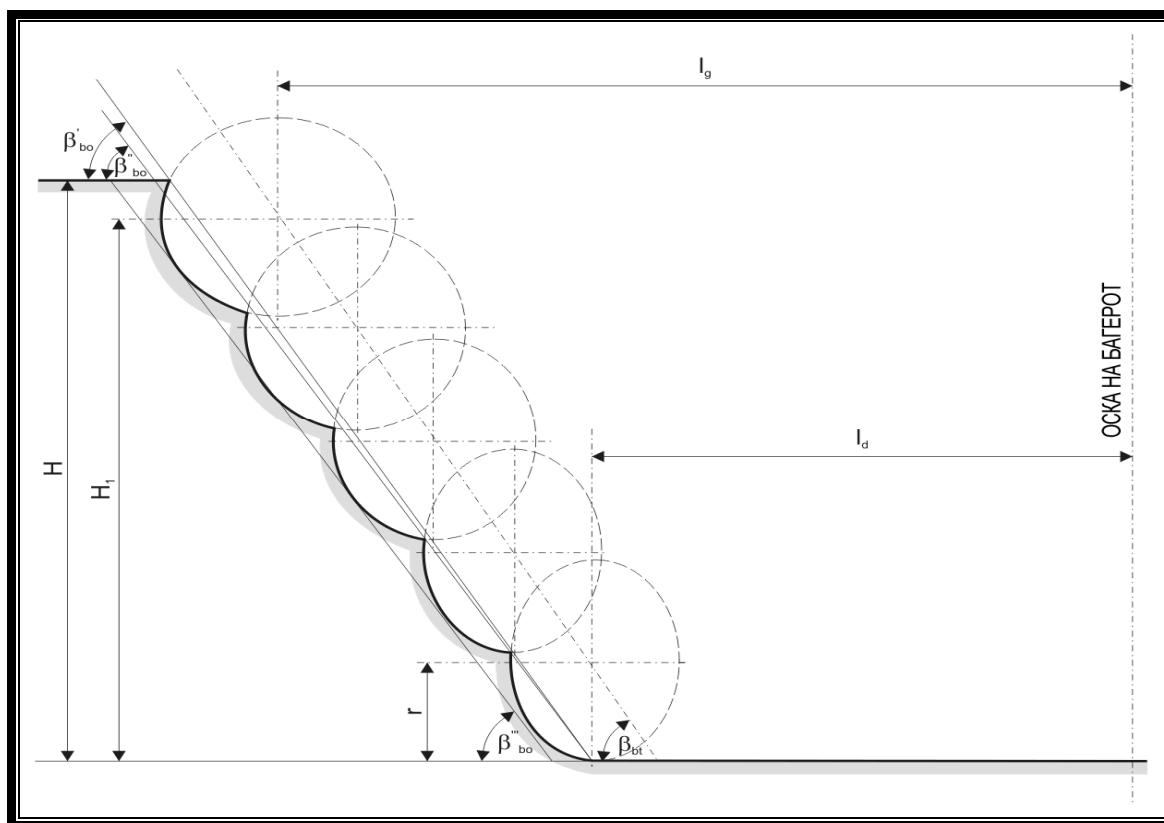
$H_{d\max}$  – копање на багерот под нивелетата на стоење на основната машина (отстапно – настапно) (m).

▪ **Бочниот и челниот агол на косина на етажите**

Бочниот агол на косини многу зависи од работната средина во којашто работи багерската единица. Имено, за песоците овој агол изнесува околу  $55^\circ$ , но таму секогаш доаѓа до зарушување на работните косини така што овој агол тешко може да се чува; кај глините (во испитуваниот случај - трепелите) овој агол изнесува  $55^\circ$  и е оддржлив т.е. остварлив, зошто карактеристиките на трепелот се такви што дозволуваат правилно формирање на бочниот агол и нивно задржување. Кај јагленот, пак бочниот агол на работната косина е многу голем и достигнува и до  $90^\circ$ , па затоа геомеханичките карактеристики на јагленот дозволуваат и со ваков бочен агол безбедно да се работи.

Граничните агли на наклон (искривување) на бочна косина лимитирани од конструктивните карактеристики на роторните багери и височината на етажата. Максималниот агол на бочна косина, теоретски аспект, не зависи од височината на етажата и таа изнесува  $90^{\circ}$ . Аголот на страничната косина од  $90^{\circ}$  се изведува со вртење на катарката од работното тркало кон масивот за  $90^{\circ}$  во сите подетажи.

Бидејќи не е можно да се одржи етажата со  $90^{\circ}$  искривување, заради геомеханичките карактеристики на материјалот што се копа, неопходно е да се намали аголот на бочна косина (скица 5) и тоа на агол што според етажата ќе биде стабилен за проектираната височина.



Скица 5. Шематски приказ на бочна косина  
Figure 5. Schematic presentation of the lateral slope

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

Од тие причини се определува и минималниот агол на наклон на страничната косина со помош на следново равенство:

$$\beta_{bmin} = \arctg (H_c / (L_g - L_d))$$

каде

$H_c$  – височинска разлика меѓу центарот на работното тркало во првиот и последниот подетаж (m);

$$H_c = h - r \text{ (m)}$$

$L_g$  – хоризонтална проекција на катарката од работното тркало во првата подетажа (m);

$$L_g = L_k + \cos \alpha_g + e$$

$L_d$  – хоризонтална проекција на катарката од работното тркало во последната подетажа (m);

$$L_d = l_s + l_t \text{ (m)},$$

односно

$l_s$  – сигурносно растојание од ножицата на етажата до надворешната ивица на гасеницата (m);

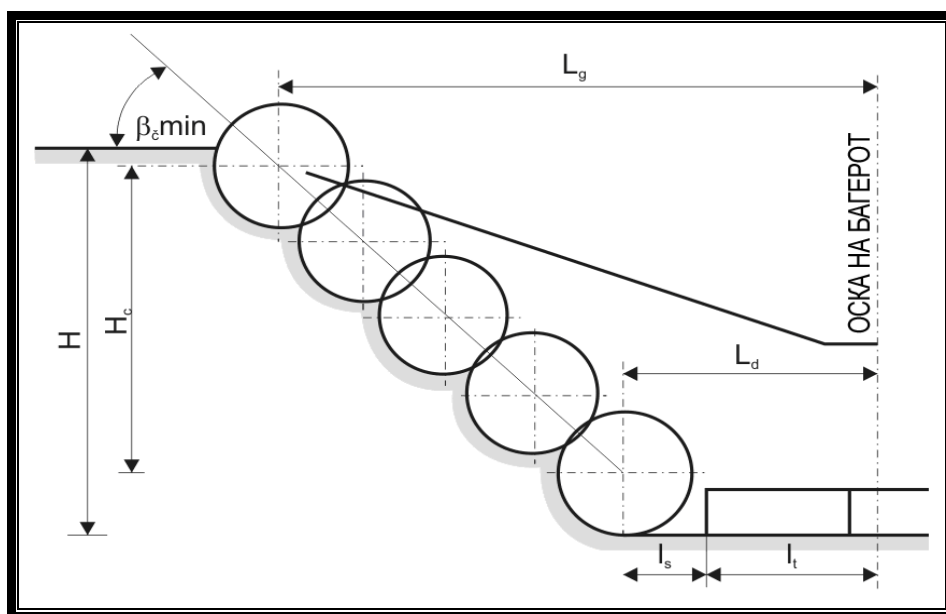
$l_t$  – широчина на транспортниот механизам, и тоа од оската на багерот до надворешната гасеница (m).

Табела 3. Минимални агли на бочните косини на роторните багери  
Table 3. Minimum angle the lateral slope of the rotor excavator

Р.Б	Багер	Систем	Елементи за пресметка								$\beta_{b \min} = \arctg$
			$H_c$	$L_g = L_k + \cos \alpha_g + e$				$L_d = l_s + l_t \text{ (m)}$			$(H_c/(L_g-L_d))$
			(m)	$L_k(m)$	$\alpha_g(^{\circ})$	$e(m)$	$L_g(m)$	$l_s(m)$	$l_t(m)$	$L_d(m)$	$(^{\circ})$
1.	SRs 2000-32/5+VR	I БТО Брод									55
2.	SRs 1300-26/5+VR	"I" БТО Суводол	19,5	34,4	18	2,5	35	10	8	18	55
3.	SRs (H)-1050 23/2	ПЈС									55

Челниот агол исто како и бочниот агол зависи од геомеханичките карактеристики на работната средина и е различен кај различните видови материјали, така, на пример: кај песоците овој агол е  $50^{\circ}$ , но исто како и кај бочните косини аголот е неодржлив поради карактеристиките на материјалот. Кај трепелите овој агол е  $55^{\circ}$  и е одржлив, додека кај јаглените овој агол е од  $75^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ , во зависност од испуканоста на јагленот т.е. кога јагленот делумно е испукан, тогаш се работи на два реза и овој агол е  $75^{\circ}$ , а кога јагленот е компактен, без пукнатини, се работи на еден вертикален рез и аголот е до  $90^{\circ}$ .

Аголот на наклон на челната косина е дефиниран според конструктивните карактеристики на роторниот багер, височината на етажата и геомеханичките карактеристики на материјалот. За разлика од бочната косина, кај челната косина не постои разлика меѓу вистинскиот и теоретскиот агол, бидејќи работното тркало во сите подетажи е поставено нормално на челната косина.



Скица 6. Агол на наклон на челната косина  
Figure 6. Angle of inclination of the background slope

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

Аголот на наклон на челната косина (скица 6) се дефинира според следнава формула:

$$\beta_c = \arctg (H_c / (L_g - L_d)).$$

Максималниот агол на наклон на челната косина изнесува 90°, а минималниот зависи од височината на етажата.

Во табела 4 е прикажан преглед на аглите на наклон на челните косини на блоковите што ги изработуваат роторните багери во ПЕ „Рудници“.

Табела 4. Преглед на аглите на наклон на челните косини од роторните багери  
Table 4. Overview of the angles of inclination of the background slope of rotor excavator

РБ	Багер	Систем	Елементи за пресметка			$\beta_c = \arctg (H_c / (L_g - L_d))$	Усвоен
			H <sub>c</sub> (m)	L <sub>g</sub> (m)	L <sub>d</sub> (m)		
1.	SRs 2000-32/6+VR	I БТО Брод					55°
2.	SRs 1300-26/5+VR	"I" БТО Суводол	19,5	35	15	44°12'	55°
3.	SRs (H) 1050 23/2	ПЈС				по барање	55°

▪ **Одводнетоста на работните етажи и нивото на  
подземните води**

Одвонувањето во секој рудник е една од најсериозните работи што се предуслов за стабилноста на косините. Стабилноста на косините директно зависи од степенот на одводнетост на работните косини. Доколку има појава на површински и подземни води директно на работните косини, тогаш и бочниот и челниот агол на косините тешко може да се задржи поради дејството на водата врз косините. Од оваа причина задолжително е добро да се одводнат етажите каде што работат багерските единици и тоа како за поефикасно работење на самиот багер, така и за поголема стабилност на косините.

Од друга страна, и нивото на подземните води, исто така, е битен предуслов за стабилност на косините. Тоа значи дека колку нивото на

подземната вода е повисоко, толку стабилноста на косината е помала, и обратно, колку нивото на подземните води е пониско, толку и стабилноста на косините ќе биде поголема. Постојат низа методи и начини за намалување на нивото на подземните води, а со тоа и зголемување на факторот на стабилност на работните косини.

▪ **Сигурносни берми**

Сигурносните берми што се оставаат меѓу два реза (засеци) на самата косина, директно влијаат врз стабилноста на косините. Конкретно, кај глините (трепелите) овие берми се во директна зависност со стабилноста на косините, а тоа значи ако се остават поголеми берми, тогаш и косината ќе има помал агол (бочен и челен) а факторот на стабилност се зголемува. Но, ако бермите се мали тогаш аголот е поголем и факторот на сигурност на работните косини ќе биде помал. Кај јаглените, пак, бермите се оставаат само во случај кога има распукан јаглен или појава на пукнатини па се работи со два реза и се остава една сигурносна берма меѓу резовите.

▪ **Широчина на откопниот блок**

Од широчината на откопниот блок директно зависи стабилноста на косините. Широчината на откопниот блок, всушност зависи од багерската единица што работи на тој блок и од карактеристиките, односно условите за работа во блокот, а тоа значи дали постојат услови да се формира блок со целосна широчина на багерската единица што работи на тој систем. Во таков случај постои и најголема стабилност на работната косина, и обратно, ако блокот не е доволно широк (од различни причини), тогаш стабилноста е помала. Кај јаглените, пак, оваа широчина зависи од карактеристиките на багерската единица, но и од условите на блокот што го обработува па таква ќе биде и стабилноста на косината.

Широчината на блокот е во функција на радиусот на откопување на првата (горна) подетажа –  $R_g$  и долната (најниска) подетажа –  $R_d$ ; височината на блокот –  $H$ ; аголот на наклон на страничната косина –  $\beta_b$ ; и аглите на вртење

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

---

на носачот на работното тркало кон внатрешната странична косина при откопување на првата подетажа -  $\varphi_g$  т.е. аголот на вртење кон надворешната странична косина при откопување на најниската подетажа -  $\varphi_d$ , односно:

$$B = R_g \cdot \sin \varphi_{gu} + R_d \cdot \sin \varphi_d - (h_{rg} - r) \cdot \operatorname{ctg} \beta_b (m)$$

За  $\varphi_g = 90(^{\circ})$  што е најчест случај следува равенството:

$$\beta = R_g + R_d \sin \varphi_d - (h_{rg} - r) \cdot \operatorname{ctg} \beta_b (m)$$

каде

$R_g$  – радиус на откопување на првата (горна) подетажа, мерен од оската на работното тркало до вертикалната оска на вртење на багерот, т.е.

$R = l \cdot \cos \alpha_g + e$  - хоризонтално растојание од вертикалната оска на вртење на багерот до зглобната врска на носачот од работното тркало со платформа;

$\varphi_{gu}$  – внатрешен агол на вртење на носачот на работното тркало при откопување на првата подетажа ( $^{\circ}$ );

$R_d$  – радиус на откопување на последната (најниска) подетажа мерен од оската на работното тркало до вертикалната оска на вртење на багерот каде што  $R_d = l \cdot \cos \alpha_d + e$ ;

$\alpha_d$  – аголот на наклон на носачот на работното тркало кога багерот го откопува најниската подетажа, мерен во однос на хоризонталната рамнина провлечена низ зглобната врска на носачот на работното тркало со платформата;

$\beta_b$  – аголот на наклон на страничната косина( $^{\circ}$ );

$h_{rg}$  – височината мерена од нивелетата на етажата до оската на работното тркало, се пресметува според:

$$h_{rg} = l \cdot \sin \alpha + y (m)$$

$$h_{rg} = H - 0,2D (m)$$



## **Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација**

---

Приказаните параметри се најосновни и од нив директно зависи стабилноста на косините, но постојат и други елементи што можат да влијаат врз стабилноста на косините.

## 4. МЕТОДИ ЗА ПРОЦЕНКА НА СТАБИЛНОСТА НА КОСИНИТЕ

### 4.1. Методи за анализа на стабилноста на косините со гранична рамнотежа

Решението за стабилноста на косините на земјините и карпестите средини налага потреба, врз основа на познатите сили и деформациски својства, да се определи поместувањето на косината и да се даде оценка за степенот на нејзината стабилност. Тоа значи дека мора да се познава напонската состојба и деформацијата предизвикана од токму промената на напонската состојба.

Ова, од своја страна, бара, покрај формулирањето на равенката за рамнотежа, да се формулира и равенка за врската меѓу напонот и деформацијата (однесувањето на материјалот под оптоварување).

Однесувањето на карпите под оптоварување може, накратко, да се сведе на следново:

- карпите подеднакво се однесуваат при оптоварување и растоварување. Равенките за овој однос ги даваат врските меѓу напонот и деформациите и тие мораат да се формулираат во врска со зголемувањето на напонот и деформацијата,
- со појавата на лом (кршење) на карпестите маси врската на напонот и деформацијата во целост зависат и од времето,
- односот меѓу напонот и деформацијата не е линеарен, дури ниту за малите деформации, а кај големите деформации постои зона во којашто тие растат, и покрај опаѓањето на напонот,
- врската меѓу напонот и деформацијата за карпестите маси мора да ги опфати својствата на хетереогеност, анизотропија и дисконтинуитет,

- постоењето заостанатите напони, што не се лесно мерливи, го отежнуваат определувањето на реалната состојба на напонот во карпестите маси.

Честа е појавата на нестабилност на косините на патиштата, кај површинските копови, одлагалиштата и други геотехнички објекти, иако сите тие се проектирани со дозволени фактори на сигурност. Одговорот на овие феномени треба да се бара во анализите на многубројните природни и технички параметри што директно влијаат врз сигурноста, односно изборот на вистинскиот фактор на сигурност.

Некои од тие фактори се следниве:

- нерамномерност во составот на материјалот од кој што е образувана косината или е составена подлогата на објектот,
- недоволните познавања на основните карактеристики на материјалот, особено во поглед на цврстината на смолкнувањето и деформациските својства,
- начинот и видовите лабораториски испитувања на терен, потоа моделите на испитување и слично,
- податоците за начинот и големината на оптоварувањето и неговото времетраење,
- големината на статичкото и динамичкото оптоварување,
- технологијата на откопување или одлагање,
- отстапувањето од проектните решенија при изведување на работите,
- промените на карактеристиките на материјалот, геометриските услови, оптоварувањата во функција на времето (реолошките ефекти),
- економските ефекти од аспект на можните последици, и слично.

#### **4.1.1. Фактор на сигурност**

Секоја анализа на стабилноста на одделна косина како резултат дава само еден број, што укажува на големината на сигурноста од рушење на косината или нејзино лизгање во определени конкретни услови. Овој број се означува како коефициент на сигурност, степен на сигурност или фактор на сигурност.

Факторот на сигурност може да се искаже како однос меѓу:

- поволни спрема неповолни сили,
- поволни спрема неповолни моменти.

Во геотехниката, при испитувањето на проблемот на стабилноста на косините и носивоста, најпрвин се претпоставува некоја потенцијална линија или површина на лизгање, а потоа се пресметува отпорот што дејствува по нејзината должина. Според типот на можното или очекуваното придвижување и можноста за искажување на факторот на сигурност преку математички модел, главно се разликуваат следниве дефиниции на сигурност:

- при споредување на силите:

$$F = \frac{\text{сили кои делуваат спротивно од движењето}}{\text{сили кои предизвикуваат лизгање}}$$

- при споредување на моментите:

$$F = \frac{\text{момент кој предизвикува лизгање}}{\text{момент кој се спротиставува}}$$

При појава на лизгање на земјиштето, факторот на сигурност е помал од 1 (единица).

Промената на влезните параметри може да биде предизвикана од следниве фактори:

- усвојувањето на вистинската вредност на елементите на внатрешниот отпор е прв показател на точноста на пресметката, затоа што овие вредности зависат од методите и условите на испитување;
- геометријата на површината може да се определи со доволна точност, додека геометријата на лизгачката површина може многу да се разликува од претпоставената;
- доколку во пресметките се земе предвид вредноста на една литолошка серија, што претставува сумирана вредност од повеќе измерени вредности, тогаш можно е да се поедностави пресметката. Меѓутоа, овој начин не ја „моделира“ вистинската состојба во масивот;
- елементите на цврстина во масивот се менуваат од едно до друго место. Тие се во функција на напонската состојба во анализираниот пресек и зависат од времето (реолошките фактори);
- кај глината, каде што се работи за еластично - пластичен материјал, мора да се земе предвид и тој геолошки фактор;
- елементите на внатрешниот отпор (аголот на внатрешното триење и кохезијата) се зависни од влажноста, така што со промена на влажноста варира и цврстината на смолкнување. Со инфилтрирањето на водата во пукнатините се менува волуменот на почвата и доаѓа до нејзино набубрување. Во зима овие површини замрзнуваат, а притоа создаваат замрзнати леки. При откопувањето леките се претвараат во вода, така што има повеќе кратко дејствување на водата. Имено некои случаи се јавува зголемување на силите на набубрување во почвата, а во други таа

се раскашавува, при што цврстината на смолкнување е приближно до нула;

- кај оценувањето на стабилноста на косините важна улога има и напонот на порната вода и нејзината промена. Кај вештачки изградените брани од глинени маси од големо значење е порниот притисок, што ја намалува цврстината. За време на консолидација порниот притисок се намалува и тежнее кон нула, а степенот на сигурност постепено се зголемува.

#### **4.1.2. Минимален фактор на сигурност**

Стабилноста на косините е под влијание и на подземните води. Имено, се случува и кај стабилните косини, при појава на подземни води (што не се земени предвид при пресметувањето), значително да се намали факторот на сигурност што, обично, кај карпите без кохезија опаѓа на половина вредност. Во табела 5 и 6 се дадени повеќе фактори на сигурност според типот на лизгање препорачани од Jumikis, Terzaghi i Peck.

Табела 5. Минимални фактори на сигурност според Jumikis, Terzaghi и Peck  
Table 5. Minimum factors of safety by Jumikis, Terzaghi and Peck

Вид на лизгање	F
Лизгање	➤1.5
Ротационо лизгање	➤1.5
Длабинско лизгање	➤1.5
Рамнина на лизгање на смолкнување	➤2.0
Локално лизгање на течење	➤3.0

Табела 6. Фактор на сигурност  
Табела 6. Factors of safety

Вид на објектот	F
Усек	1.1 - 1.5
Брана (насип)	1.15 - 1.7
Одлагалиште	1.0 - 1.5
Површински коп	1.1 - 1.5

Големината на факторот на сигурност мора да се определи во зависност од сознанијата за одделните, сложени и влијателни фактори, како и од потребите за постигнување безбедност за луѓето, машините и геотехничкиот објект.

Со примената на теоријата на веројатноста може, со извесен реален ризик, да се определи и квалификува факторот на сигурност.

Голем број автори факторот на сигурност го сметаат како несигурен елемент за анализа на стабилноста, пред се несигурноста што е поврзана со веродостојноста на влезните параметри.

Анализата со пресметка на веројатноста е многу подобра, затоа што сигурноста на косината се оценува преку варијациите на секој влијателен фактор што ја определува нејзината стабилност.

Главните недостатоци на овој пристап се:

- тешко се добиват соодветни влезни податоци за реална статистичка анализа на сите показатели,
- недоволно разбирање и познавање на статистичките концепти и математичкиот апарат што треба да се примени во разгледувањето на овој проблем.

Изградбата на се посложени и поспецифични геотехнички објекти, косините со големи височини и стрмни наклони, сложените природно - технички услови и сл. бараат постојано усовршување на методите за анализа на стабилноста на косините.

Користењето несоодветни методи за анализа на стабилноста на косините доведува до појава на груби грешки при определувањето на факторот на сигурност, а со тоа и до големи дополнителни трошоци за санирање на последиците од евентуалните лизгања.

Извршените испитување за стабилноста според определената методологија важат само за точно дефинирани услови. Речиси сите методи се засновани на одделни хипотези и прифатени предуслови, и тоа:

- ломот истовремено се појавува по целата должина на лизгачка површина,
- се работи за рамнинска деформација,
- од можните лизгачки површини се усвојува онаа кај која што со пресметката, се добива најмал коефициент на сигурност.

Во продолжение ќе бидат обработени покарактеристичните методи на гранична рамнотежа, што се усвоени за анализа во извештаите.

#### **4.1.3. Метод на ламели**

Овој метод се нарекува и Fellenius - ов метод, според името на шведскиот научник што го измислил и спаѓа во таканаречените методи на ламели. Според овој метод се усвојува лизгачка површина во облик на кружен лак, што се дели на 8 - 12 вертикални ламели, при што се воспоставува еднаквост меѓу моментот на надворешната сила и внатрешниот отпор на почвата (скица 7).





0

компонента  $T$  (дејствува на лизгачката површина во правец нормален на  $N$ ). Тангенцијалната компонента  $T$  тежнее да ја помести ламелата во точката  $S'$  надолу и дејствува како сила на смолкнување.

Силата на отпорот, што се спротивставува на силата  $T$ , се состои од отпор на триење и кохезија. Отпорот на триење е  $N \tan \alpha$ , каде  $N$  е нормална компонента на тежината  $W$ ,  $\alpha$  е агол на внатрешното триење на почвата.

Отпорот на кохезијата е  $cl$ , каде што  $c$  е кохезија на почвата (се определува по лабораториски пат), а  $l$  е – должина на лакот на разгледуваната ламела.

Меѓусебното влијание на ламелите не се зема предвид, поради тоа што е усвоено дека силите што дејствуваат на вертикалните страни на ламелите се еднакви, со ист правец и спротивна насока, така што меѓу себе се поништуваат.

Вкупната сила на смолкнување  $\Sigma T$ , за целата призма  $ABCD$ , се добива со собирање на сите позитивни сили  $T$  за ламелата десно од центарот на ротација  $O$ , што дејствуваат во правец на лизгањето и одземањето на негативните сили  $T$  од овој збир, за ламелите од левата страна на центарот  $O$ , што дејствуваат во спротивна насока, т.е. на зацврстувањето на косината. Моментот на надворешните сили околу центарот на ротација е  $M = R \Sigma T$

#### 4.1.4. Метод на Bishop

Методот на Bishop претставува аналитичко решение на методот на ламели за пресметување на стабилноста на земјишните косини, и тоа во случаите кога лизгачката површина е во облик на кружен лак. Според овај метод се земаат предвид бочните сили на ламелите и притисокот на порната вода во почвата, како резултат на хидростатскиот притисок на водениот столб пред косината и нивото на подземната вода, но и на консолидацијата. Овај метод успешно се применува кај ножичното и подножичното лизгање кај хомогена и хетерогена почва со различно искривување на слоевите и различна цврстина на смолкнување.

Ако постојаната отпорност на почвата се изрази со параметрите на цврстина на смолкнување според аголот на внатрешно триење  $\psi'$  и кохезијата  $c'$  во функција од ефективниот напон  $\sigma' = (\sigma - u)$ , а потребната цврстина на смолкнување  $\tau$  е во мобилизирана состојба, тогаш рамнотежата на почвата зад косината или падината, во услови на коефициент на сигурност  $F$ , може да се изрази со равенката:

$$\tau = \frac{c' + (\sigma - u) \cdot \tan \alpha'}{F}$$

каде

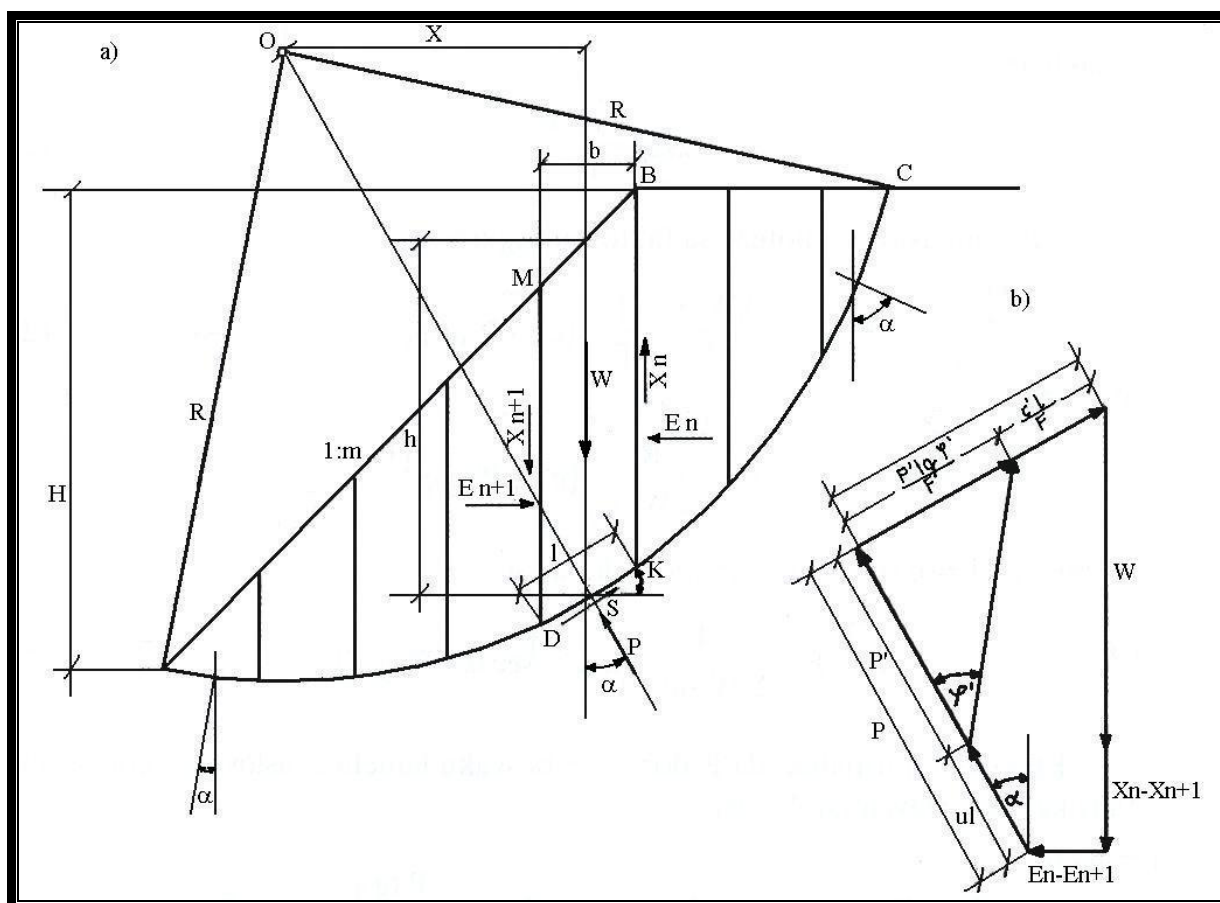
$\sigma$  - вкупен нормален напон во почвата,

$u$  – притисок на водата во порите на почвата.

Пресметката на стабилноста на косината според методот на Bishop се заснова, (како и Fellenius-ова), на еднаквоста на моментите на надворешната сила и внатрешниот отпор на почвата. Лизгачката призма ABCDA, разгледувана во рамнина, со косина на искривеност 1 :  $m$  и пробен

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

лизгачки круг со полупречник  $R$  се подели на 8 – 12 ламели со широчина, најчесто,  $b = 2,0 \text{ m}$  и за секоја од нив се определува напонската состојба (Скица 8).



Скица 8. Пресметка на стабилноста на косината според методата на Bishop  
Figure 8. Calculation of slope stability by a method of Bishop

#### 4.1.5. Метод на Janbu

Методот на Janbu, како и методот на Bishop, претставува аналитичко решение на методот со ламели, но таа разлика што обие се применуваат за површини каде што има лизгање од сложен облик.

За веројатна или предодредена површина на лизгање во зона или во контакт со слој подложен на лизгање (скица 9.а) овде се набљудуваме телото на лизгање, и тоа поделено на ламели. На ламелата на височина  $z$ , широчина  $dx$ , должина со основа  $dp$ , под агол со наклон према хоризонталата, му се делуваат силите (сл.9.б):

$dW$	-	тежина на ламелата;
$dP$	-	вертикална компонента од оптоварувањето на почвата над ламелата ;
$dQ$	-	хоризонтална компонента на оптоварување на почвата над ламелата, силата на затегнување, хоризонталната сеизмичка сила;
$dN$	-	резултанта на вкупниот нормален напон на основата на ламелата ( $dN = \sigma dl$ );
$dS$	-	резултанта на напонот на смолкнување по должината на основата на ламелата ( $dS = \tau dl$ );
$T, T+dT$	-	вертикални сили по должината на бочните страни од ламелата;
$E, E+dE$	-	хоризонтални сили на бочните страни од ламелата.

Бидејќи во овој дел не се познати силите  $dN$ ,  $dS$ ,  $E$  и  $T$  според нивната големина, правец и нападна точка, а познати се силите  $dW$ ,  $dP$  и  $dQ$  според големината, правецот и нападната точка, додека силите  $T_b$  и  $E_b$  се зададени, па за анализа на стабилноста се усвојуваат приближни

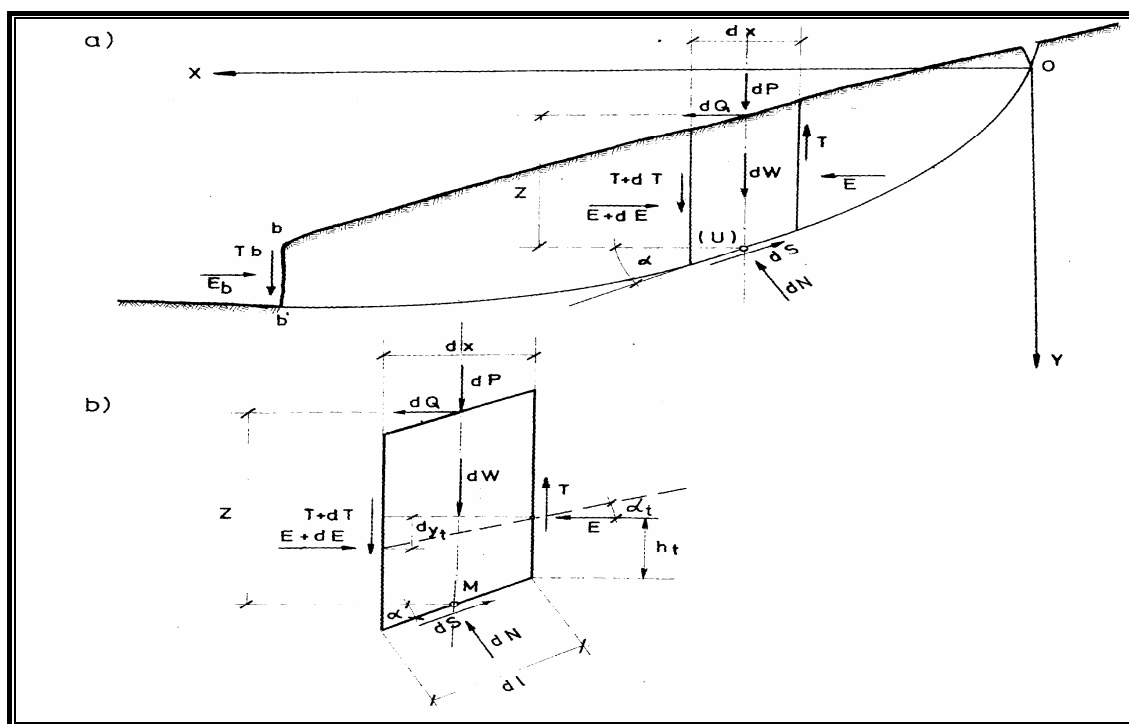
## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

претпоставки, и тоа дека нападната точка  $M$ , силите  $dN$  и  $dS$  се во пресек на вертикалните сили  $dW$  и  $dP$  во средината на основата на ламелата и дека нападните сили  $E$  и  $E + dE$  теоретски со земјен притисок, т.е. на долна третина од височината на страната на ламелата во зоната на земјениот притисок, а нешто над долната третина на ламелата во зоната на пасивниот земјен притисок.

Условите за рамнотежа на секоја ламела претставуваат таа да биде збир од сите сили, со правец на  $x$  - оската  $\Sigma X = 0$ , како и правец на  $y$  - оската  $\Sigma Y = 0$  а збирот на сите моменти околу нападната точка  $M$  да биде  $\Sigma M = 0$ . Според тоа, условите на рамнотежа на скицата 9.б се:

- за хоризонталните сили:  $dQ - dE + dN \sin \alpha - dS \cos \alpha = 0$
- за вертикалните сили:  $dW + dP + dT - dN \cos \alpha - dS \sin \alpha = 0$
- за моментот на силите на дејствување:

$$Tdx + E dy_t - dE h_t + dQz + dT dx/2 = 0 \quad (6)$$



Скица 9. Испитување на стабилност на косините и падините според методот на Janbu

Figure 9. Examination of stability of slopes and mountains by a method of Janbu

За критериумот на стабилноста Janbu го поставува условот за рамнотежа на набљудуваното тело на лизгање во хоризонтален правец  $\Sigma x = 0$ , врз основа на коешто се определува факторот на сигурност и тоа:

$$F = \frac{\sum_1^b [c' + (p + t - u) \operatorname{tg} \varphi'] dx}{Q - E_b + \sum_1^b (p + t) \operatorname{tg} \alpha dx} \cdot \frac{n_\alpha}{1}$$

Janbu, Vjerum и Kjaernsli, во 1965 година, понудиле поедноставен метод за пресметка на стабилноста на косините за површина на лизгање со сложен издолжен облик, особено кога не се во прашање длабоки лизгачки површини со големи промени на аголот  $\alpha$  (скица 9).

Овај метод, исто така се заснова на условите на рамнотежа на силата за секоја ламела, но без пресметка на вертикалните сили  $T$  и  $T + dT$  на страничните делови на ламелата, па наместо нив се воведува факторот на корекција  $f_0$ , така тоа што се усвојува дека  $T = 0$ , а со тоа  $T = dT/dx = 0$ . Покрај тоа, не се поставува ниту услов за рамнотежа на моментот на дејствувачките сили врз ламелата, па за телото на лизгање ABCD, (скица 10) се добива:

$$F = \frac{f_0 \sum [c' + (p - u) \operatorname{tg} \varphi'] \cdot b}{\frac{n_\alpha}{p \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot b + Q}} \dots \dots \dots (1)$$

каде е:

$$p = (z - h) \cdot \gamma + h \cdot \gamma' + h \cdot \gamma_\omega;$$

$$u = \frac{u}{\gamma_\omega} \cdot \gamma_\omega$$

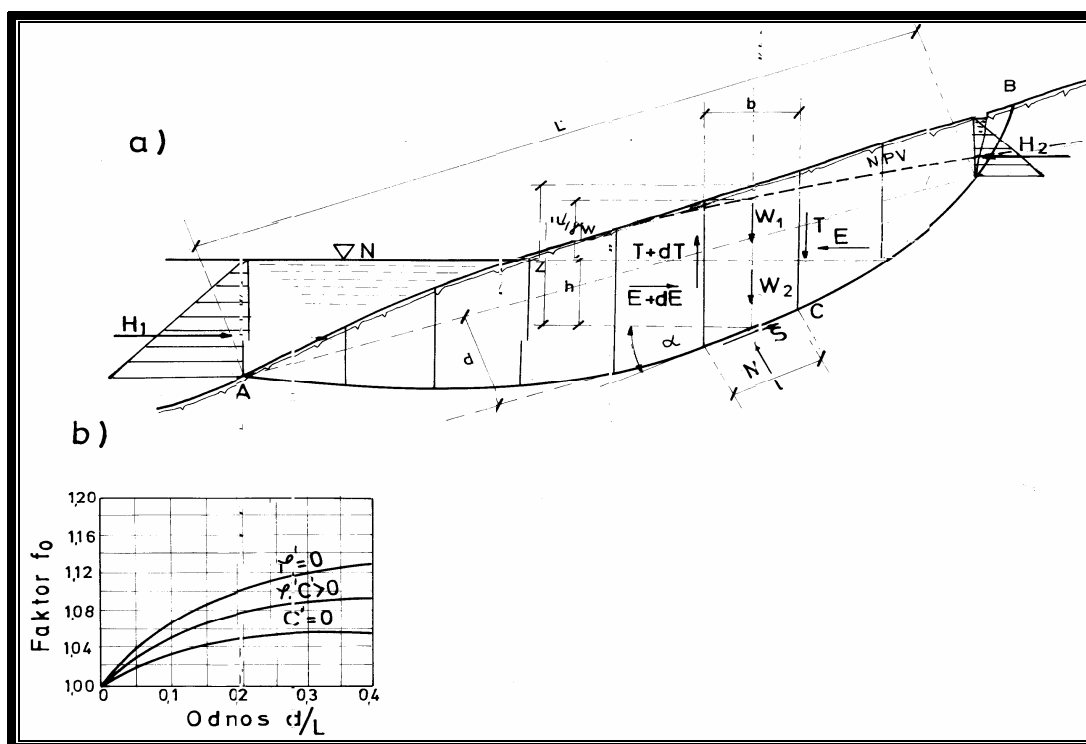
$Q$  - хоризонталната компонента на резултантите на дејствувачката сила над ламелата, а во овој случај;

$Q = H_1 - H_2$ ; претставува разликата помеѓу силата на хоризонталниот притисок  $H_1 - H_2$ .

Факторот на корекција  $f_0$  зависи од должината  $L$  и длабочината  $d$  на површината на лизгање (скица 10 а), како и од кохезијата  $c'$  и аголот  $\varphi'$  на внатрешното триење на почвата. Вредностите на факторот  $f_0$  се добиваат од дијаграмот (скица 10 б) за различните односи  $d/L$  и вредностите на  $c'$  и  $\varphi'$ .

Еднаквоста (1) може да се напише во следниов облик, што е попогодено за примена

$$F = \frac{f_0 \frac{\sum c'b + (W_1 + W_2 - ub)tg\varphi'}{n_\alpha}}{\sum Wtg\alpha + Q}$$



Скица 10. Пресметка на стабилноста на косините според поедноставниот метод на Janbu

Figure 10. Examination of stability of slopes by simplified method of Janbu



Figure 1 consists of two diagrams, (a) and (b), illustrating the geometry and forces in a curved beam.

Diagram (a) shows a curved beam segment with points O, A, B, C, D, M, and Q. The beam is subjected to a force  $R$  at point O, which is resolved into components  $R \cos \alpha$  and  $R \sin \alpha$ . The beam is divided into segments of length  $l$  and  $n$ . The forces  $\Delta W$ ,  $\Delta N$ ,  $\Delta N'$ ,  $\Delta S_r$ , and  $\Delta S_t$  are shown acting on the beam. The angle  $\alpha$  is the angle between the beam axis and the horizontal. The angle  $\phi$  is the angle between the beam axis and the vertical. The angle  $n$  is the angle between the beam axis and the horizontal.

Diagram (b) shows a detailed view of the beam cross-section. The forces  $\Delta N$ ,  $\Delta N'$ ,  $\Delta S_r$ , and  $\Delta S_t$  are shown acting on the beam. The dimensions  $l$ ,  $c'l$ , and  $F$  are indicated. The angle  $\alpha$  is the angle between the beam axis and the horizontal. The angle  $\phi$  is the angle between the beam axis and the vertical.

На секоја ламела во средиштето  $M$  дејствуваат следниве сили:

$\Delta W$  - тежина на ламелата;

$\Delta N$  - вкупна нормална сила;

$uI$  - сила на притисок во порната вода во ламелата;

$\Delta N'$  - вкупна ефективна нормална сила;

$Q$  - цврстина на смолкнување во основата на ламелата.

#### 4.1.7. Метод на НОЕК– рамно кршење (лом) на косината

Најчесто користен метод за определување на минималниот фактор на сигурност на косините во цврст карпест материјал е пресметката според Е. Ноек и J. W. Bray. Иако случајот на лизгање по одделна рамнина може да се класифицира како специфичен настан на клинасто кршење, сепак ваквиот начин на пресметка има најширока примена во праксата, благодарение на едноставноста и малиот број влезни податоци.

Но, овај метод не е земен предвид во пресметките на стабилноста во оваа магистерска работа.

Меѓутоа треба да се напомене дека за примена на овој метод е потребно е да бидат исполнети следниве услови:

- рамнината, што се усвојува како критична точка на лизгање, мора да се протега паралелно или во границите  $20(^{\circ})$  спрема лицето на косината;

- наклонот на рамнината на лизгање мора да биде поблаго од она на косината т.е.  $\psi_f > \psi_p$ ;

- Наклонот на рамнината на лизгање мора да биде поголемо од аголот на внатрешно триење т.е.  $\psi_p > \psi$ ; или

*наклон на косината > наклон на ослабената рамнина > аголот на внатрешно триење*

Кога се зборува за рамно кршење, тогаш може е да се разликуваат два случаи и тоа:

1. кога тензичната пукнатина се наоѓа на горната рамнина од етажата;
2. кога тензичната пукнатина се наоѓа на лицето од косината.

Вредноста на овој нормален напон може да се определи врз основа на следнава формула:

$$\frac{\sigma}{\gamma \cdot H} = \frac{\left\{ \left[ 1 - \left( \frac{z}{H} \right)^2 \cdot \operatorname{ctg} \psi_p - \operatorname{ctg} \psi_f \right] \right\} \cdot \sin \psi_p}{2 \cdot \left( 1 - \frac{z}{H} \right)}$$

$$\frac{z}{H} = 1 - \sqrt{\operatorname{ctg} \psi_f \cdot \operatorname{tg} \psi_p}$$

каде

- $\psi_p$  - наклон на рамнината на лизгање;
- $\psi_f$  - наклон на косината;
- $z$  - длабочина на тензичната пукнатина;
- $H$  - висина на косината;
- $\gamma$  - зафатнинска маса на материјалот.

Факторот на сигурност се пресметува според следнава формула:

$$F = \frac{c \cdot A + (W \cdot \cos \psi_p - U - V \cdot \sin \psi_p) \cdot \operatorname{tg} \varphi}{W \cdot \sin \psi_p + V \cdot \cos \psi_p}$$

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

---

Параметрите што се појавуваат во формулата се прикажани на скица 12, а се пресметуваат на следниов начин:

$$A = (H - z) \cdot \operatorname{cosec} \psi_p$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot z_w$$

каде

$A$  - површина на телото на лизгање;

$\gamma_w$  - зафатнинска тежина на водата;

$z$  - длабочина на тензичната пукнатина;

$z_w$  - длабочина на водата во тензичната пукнатина;

Потиснувањето на водата на рамнината на лизгање ( $U$ ) се пресметува различно, и тоа во зависност од тоа дали на косината се наоѓа тензичната пукнатина или не.

Кога на косината се наоѓа тензична пукнатина (скица 12 б и в); тогаш:

$$U = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot z_w \cdot A$$

Но кога на косината не се наоѓа тензична пукнатина (скица 12 а) тогаш:

$$U = \frac{1}{4} \cdot \gamma_w \cdot H_w^2 \cdot \operatorname{cosec} \psi_p$$

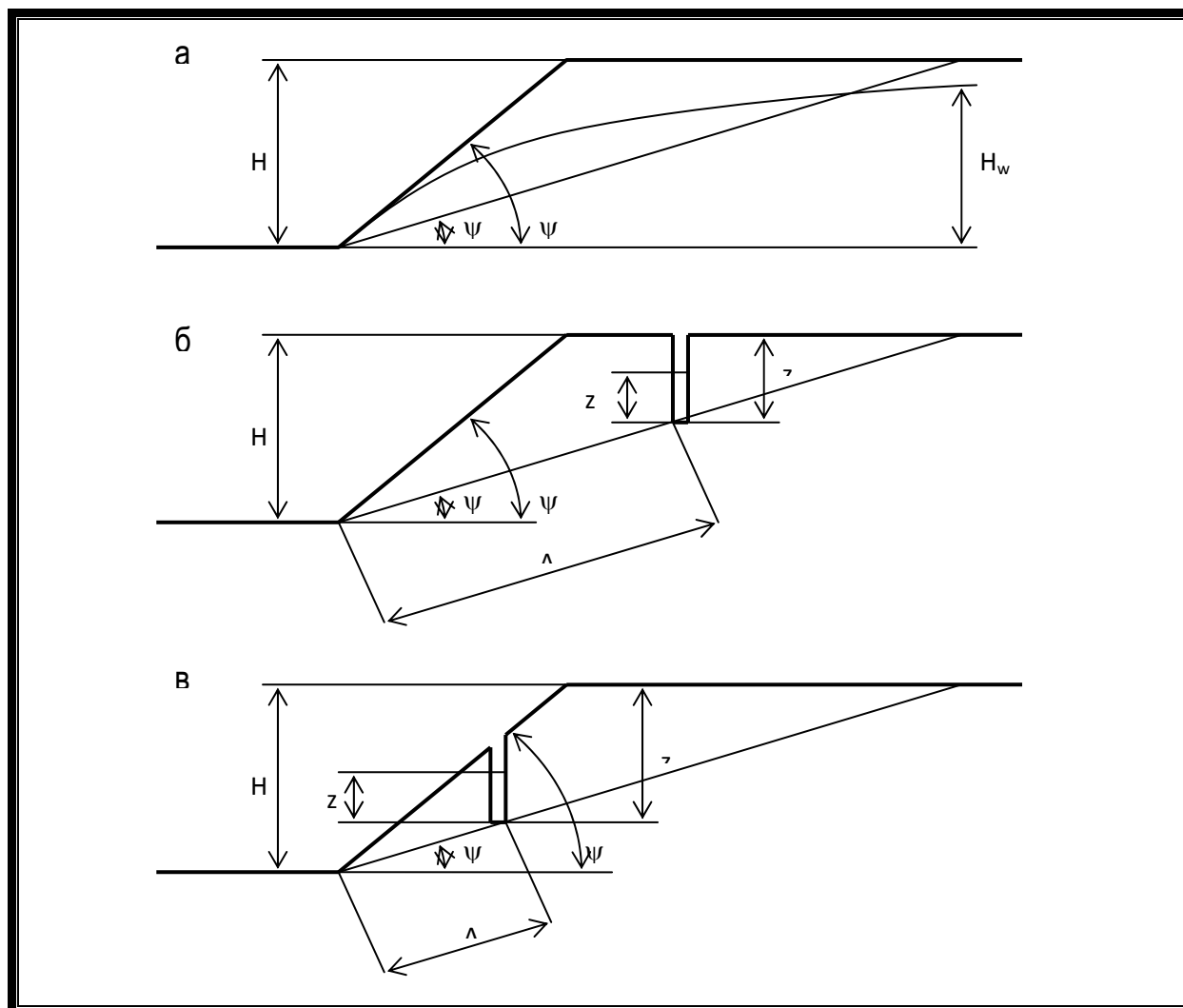
Тежината на телото на лизгање ( $W$ ) се пресметува различно и тоа во зависност од положбата на тензичната пукнатина спрема врвот на косината.

Кога тензичната пукнатина е на врвот или кога ја нема (скица 12 а и б); тогаш се користи формулата:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{z}{H} \right)^2 \right] \cdot \operatorname{ctg} \psi_p - \operatorname{ctg} \psi_f \right\}$$

Но кога тензичната пукнатина е на лицето од косината (скица 12 в); тогаш се користи следнава формула:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{z}{H} \right)^2 \right] \cdot \operatorname{ctg} \psi_p \cdot (\operatorname{ctg} \psi_p \cdot \operatorname{tg} \psi_f - 1) \right\}$$



Скица 12. Параметри за пресметка на стабилност на косината по методот на Ноек

- а) без тензична пукнатина,
- б) со тензична пукнатина зад врвот на косината,
- в) со тензична пукнатина под врвот на косината.

Figure 12. Parameters for calculating the stability of slopes by method of Noek  
а) without tension crack,  
б) with tension crack behind tip of slopes,  
в) with tension crack under tip of slopes.

## **5. ОСНОВНИ ГЕОЛОШКИ И СТРУКТУРНО – ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПЕЛАГОНИСКИОТ БАСЕН**

Јагленосното наоѓалиште “Суводол” се наоѓа на крајниот југ на Р. Македонија и претставува интегрален дел од Пелагониската котлина. Поблиската негова локација може да се дефинира источно 14 km од градот Битола на просторот од атарите на селата Суводол, Паралово, Врањевци, Биљаник и Агларци.

Просторот на наоѓалиштето од северната, источната и југоисточната страна е ограничен со ограноци од Селечка Планина, што е изградена од Прекамбриски високометаморфни мусковитски гнајсеви, гранатско – дистенски микашисти и графитичко – кварцстни шкрилци.

Источниот раб на Пелагонискиот басен е дефиниран со Селечка Планина, што истовремено претставува и централен дел на Пелагонискиот хорст - антиклинориум.

Неотектонските движења во овој блок се карактеризираат со умерени издигања, што директно се одразува на непосредниот контакт со пелагониската депресија, каде што плиоценските езерски седименти се издигаат до 1000 метри надморска височина.

Според таквата коинциденција амплитудите на неотектонските вертикални движења во просторот на наоѓалиштето изнесуваат 700 – 800 метри.

Маркантни видови на влијанија на егзогените сили се забележуваат во Црноречката алувијална тераса со височина од 590 – 600 метри, потоа во разбиената езерска тераса на височина од 650 – 690 метри, чија положба ги означува тркалообразните возвишенија по долината на Суводолска Река и долните делови на Маковскиот, Ореовскиот, Горносуводолскиот, Параловскиот и Врањевскиот поток.



Слика 1. Сателитска слика на околината на рудникот „Суводол“  
Figure 1. Satellite image of the vicinity of mine „Subodol“



Самото наоѓалиште е позиционирано во горно плиоценски езерски седименти и квартерни наслаги.

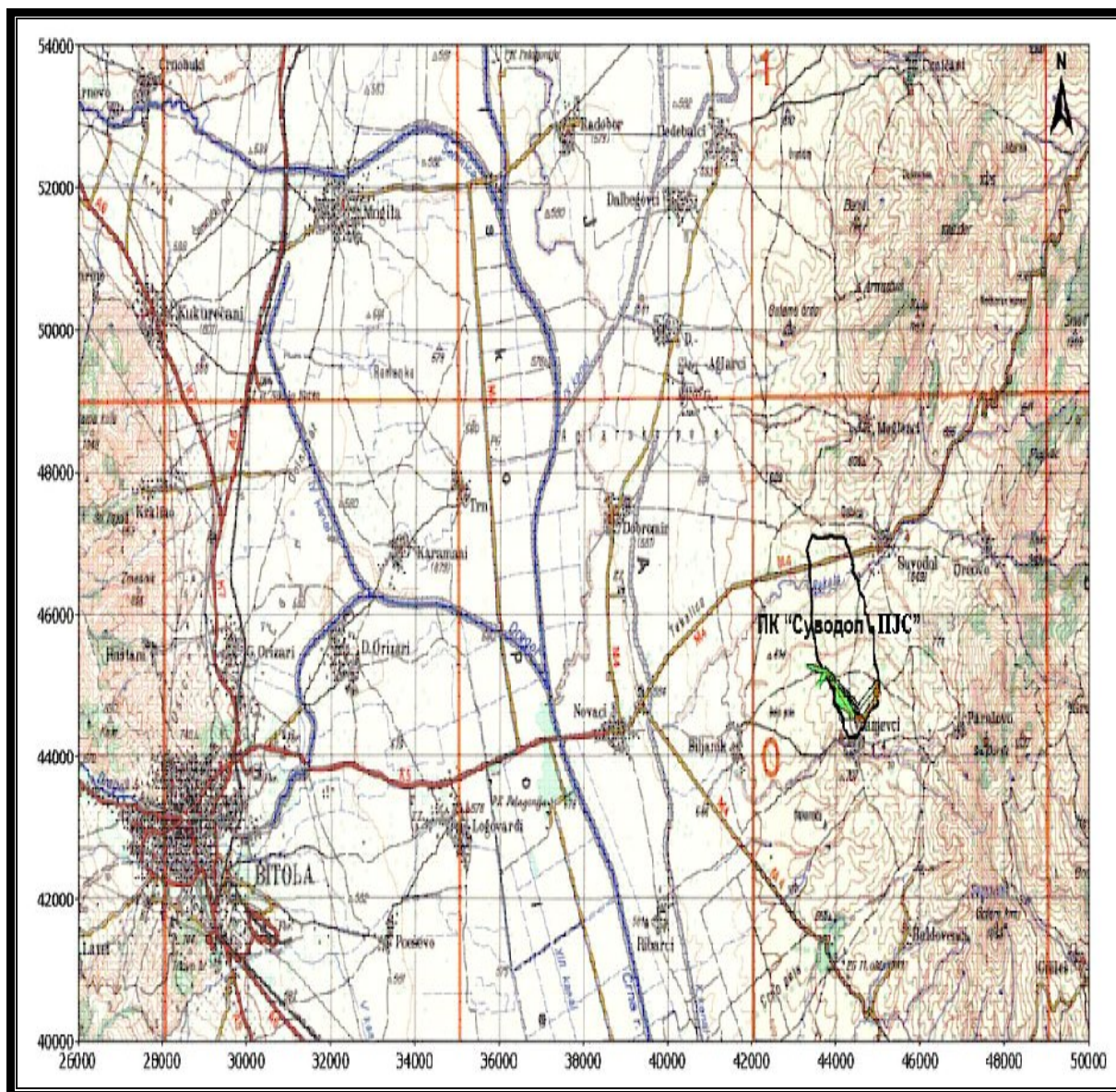
Населеноста на просторот што го зафаќа наоѓалиштето Суводол и неговата околина е на ниско ниво. И покрај ваквата констатација, заради развојот на површинскиот коп, целосно се иселени селата Суводол, Билјаник и Врањевци и делумно селото Паралово.

Рудникот со градот Битола е поврзан со модерен асфалтен пат, со должина од 15 km.

Јагленосното наоѓалиште „Суводол“ е составен дел на Пелагонискиот неоген седиментен басен и лежи преку палеорелјеф изграден од гнајсеви и микашисти од Прекамбријска старост, како и други карпи од Палеозојска старост. Мусковитско - биотитските гнајсеви и микашисти претставуваат главни карпести маси во овој кристалински комплекс. По бојатие се сивкасти, а според составот средно до крупнозрнести со лепидо - гранобластична структура и масивна текстура. Изградени се од кварц, калцитски фелдспат, албит, мусковит и биотит. Се смета дека дебелината на гнајсно - микашистната серија изнесува 4000 m. и таа претставува основна маса од којашто потекнува ерозивниот материјал за формирање плиоценски и квартерни теригени наслаги. На слика 2 е прикажана топографска карта на рудникот „Суводол“, а на следната слика 3 е прикажана просторната карта на рудникот „Суводол“.

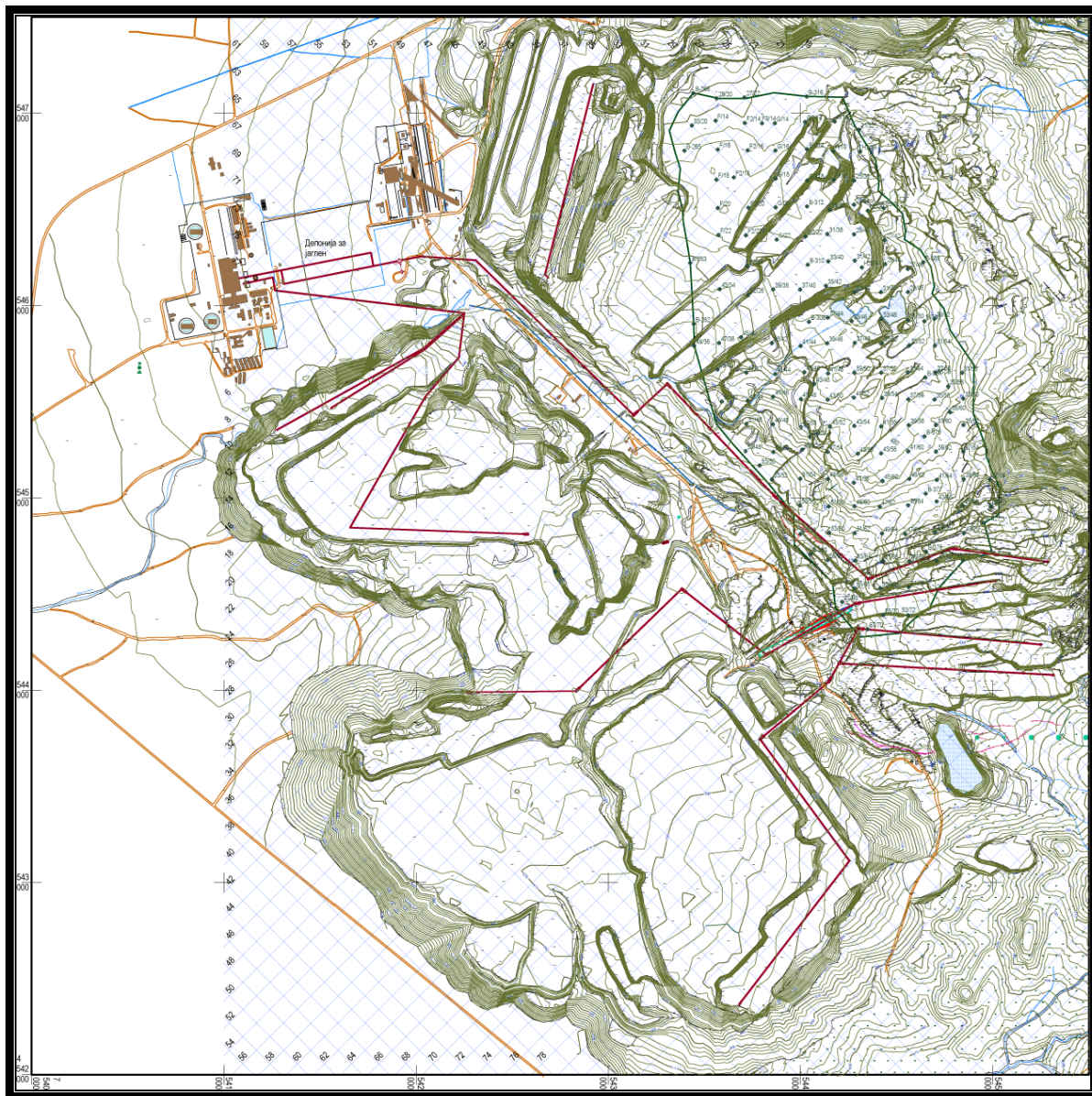


Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација



Слика 2. Топографска карта на пошироката околина на наоѓалиштето  
Figure 2. Topograf map of the surrounding of the site

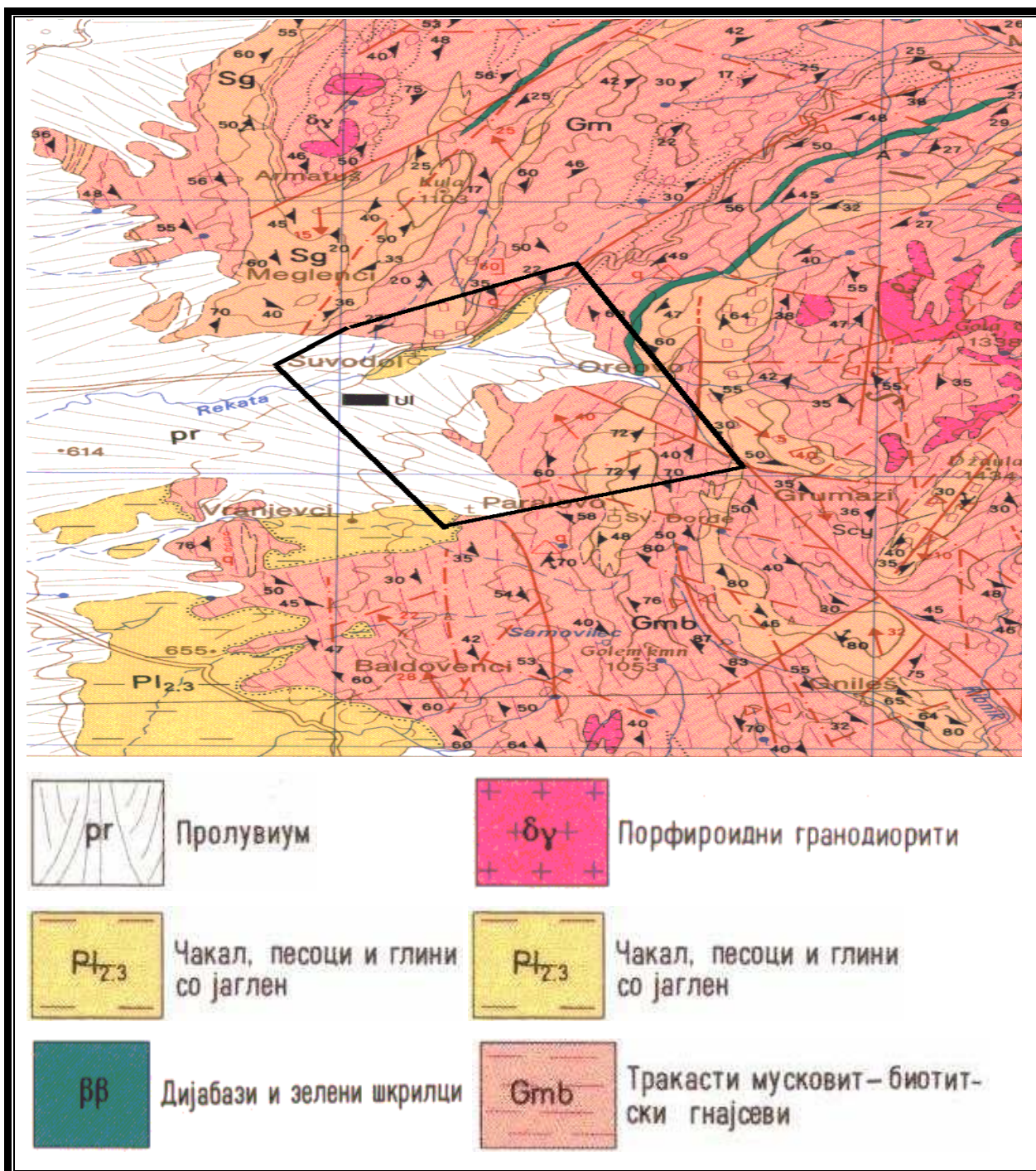




Слика 3. Просторна карта на рудникот „Суводол“  
Figure 3. Spatial map of the mine „Suvodol“



Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација



Слика 4. Геолошка градба на испитуваниот простор  
Figure 4. Geological structure of the examined area

**Пролувијалните наслаги** се со квартерна старост и во литолошкиот столб го заземаат највисокото место. Овој материјал слабо е обработен и е составен од груби кластични парчиња од околните карпи помешани со глинесто - песоклива компонента а на третираниот простор се наоѓаат над трепелите како површински слоеви и прослојци.

Продуктивната јагленова серија е интегрален дел на **долноплиоценските седиментни комплекси**. Овде плиоценот е составен од слоеви на чакали, песоци, глини и јаглени. Од стратиграфски аспект, најчесто, глините и глинците се наоѓаат највисоко и ги градат таканаречените трепели, а во средината се наоѓаат продуктивните јагленови слоеви, додека како подински седименти се јавуваат јагленовите глини и песоци.

Ивичните делови на јагленовиот басен (Врањевски басен) се претставени со **тракасти мусковит - биотитски гнајсеви**. Гнајсевите се релативно свежи и имаат лепидогранобластична структура, а во нивниот минерален состав особено битни елементи се јавуваат: кварцот, калискиот фелдспат, плагиокласите и мусковитот.

Доколку се прави **геомеханичка поделба** на литолошките чинители на П.К. „Суводол“, според искуствата на претходните истражувачи на овој терен, тогаш најлогично е да се изврши поделба на четири групи на почвените материјали и тоа: **кровински седименти, продуктивен слој, јагленова глина и подински седименти**.

Кровинските седименти се изградени од пролувијални наслаги и сиви глинци за што претходно напоменато дека во геомеханичката номенклатура се нарекуваат трепели. Тие се јавуваат над јагленовиот слој, најчесто како сиви глинци, но можат да имаат и зеленкаста нијанса, и тоа на оние места каде што се среќаваат раседни зони.

Продуктивниот јагленов слој има различна моќност и се наоѓа веднаш под трепелите, а под него се наоѓа слој од јагленова глина што, всушност, е среднопластична органска почва.

Како подински седименти се јавуваат прашинестите ситнозрнести песоци, потоа средно до високопластичните песокливи прашини и добро гранулираните ситно до среднозрнести песоци што, главно, се водозаситени. Во седиментниот басен се издвојуваат следниве литолошки формации:

- формација на базалтни седименти,
- подинска јагленосна формација,
- главен јагленов слој,
- формација од фини глинци (трепели),
- формација на разновидни квартерни песоци, чакали и глини.

#### ***Формација на базалтни седименти***

Оваа формација е претставена со фации на песокливо - глинести и чакалести седименти, променливо дијагенизирани до компактни песочници и конгломерати. Во оваа формација од наоѓалиштето целосно отсуствува јагленосноста. Седиментите од подинските фации некаде се таложат директно на кристалинот, а некаде лежат на кафеаво - црвените грусни песоци и глини. Овие песоци и глини се со континентално потекло и имаат дебелина до 60 m.

Во оваа формација на подински седименти се забележува добро изразената слоевитост.

#### ***Подинска јагленосна формација***

Подинската јагленова формација се наоѓа под главниот јагленов слој и е развиена речиси на истиот простор на којшто е развиен и главниот продуктивен слој. Подинската јагленосна формација е истражена со дупчење и е докажано постоење на јагленови слоеви со различна дебелина. Бројот на овие слоеви се движи од 1 на исток и североисток до 18 во западниот дел на наоѓалиштето, со вкупна дебелина до 120 m.

Оваа раслоеност се должи на уловите што владееле во басенот за време на формирањето на јагленовата формација. И оваа формација е

составена од фации на јаглен и фации на теригени материи што наизменично се менуваат во вертикален правец. Треигените фации се претставени со кварцно - мусковитски песоци, јагленови песоци и глини. Исто така, тука се застапени фино зрнести прадини што зафаќаат голем дел од оваа формација.

Прашинкастите песоци се застапени во многу помал обем, а тие се ситнозрнести, прашинести и заглинети. Прослојци на глини и јагленови глини се присутни во близина на јагленовите слоеви. Тие се со мала дебелина и примеси од прашина и остатоци од јаглен.

Јагленовите слоеви се јавуваат со променлива дебелина и главно, се развиени во западниот дел на просторот од формацијата, додека кон исток и североисток слоевите исклинуваат и развиен е само еден слој.

### ***Главен јагленов слој***

Главниот јагленов слој е развиен во еден или два слоја што имаат дебелина од 1,5 до 58 m. Продуктивниот слој е чист и компактен со многу ксилит и ретки јалови прослојки. Слојноста му е речиси хоризонтална (5 - 15°) со благи повивања што најверојатно ја следат наклонот на палеорелјефот.

### ***Формација од фини глинци (трепели)***

Оваа формација е изградена од фација на фино зрнести, и помалку крупнозрнести честички кој што по боја се сиви до белузлавосиви. Тие лесно се дијагенизирани и вслоени, па така лесно се распознаваат од другите седименти. Тоа се езерски седименти кој редовно се јавуваат во кровната површина на главниот јагленов слој. Карактеристично за оваа формација е тоа што во нејзиниот средиштен дел се наоѓа синиот минерал вивијанит.

Исто така овде се јавуваат жолтеникави и зеленикави бентонитски глини како и сиви и темносиви глинци со речиси хоризонтална слоевитост. Глинците се составени од глиновити материјали (монтморионитска и илитска група), вермекулит, кварц и фелдспат. Тие се јавуваат со променлива

дебелина од 15 до 80 m, освен во крајните западни делови каде што промената на дебелината е епигенетска и тие се еродирани.

***Формација на разновидни квартерни песоци, чакали и глини***

Оваа фазија е последна во развојот на неогено - квартерниот басен. Таа е преставена главно, со кварц – фелдспатски и лискунски песоци и чакали со променлива гранулација. Чакалот е изграден претежно од добро обработен кварц, гнајс и кварцит. Ретко се наоѓаат чисти песоци и чакали, бидејќи во нив често се среќаваат валутоци и блокови од кварц и гнајс.

При вршење анализа на стабилноста на откопните блокови на сите погоренапомнати геолошки средини се вршат инженерско - геолошки, хидрогеолошки и геомеханички како теренски, така и лабораториски истражувања.

Поширокото подрачје на наоѓалиштето „Суводол“ е претставено со дел од Пелагониската Котлина и дел од Селечка Планина што го манифестира најдлабоко откриениот дел на гнајсно - микашистната серија на Пелагонискиот хорст - антиклинориум.

Тектонската градба на ова подрачје е претставена со структури на преднеогенската етапа и со структури формирани со процесите на неотектонските движења кога била образувана Пелагониската Котлина како тектонска депресија.

Преднеотектонските структури се манифестираат на подрачјето на Селечка Планина, како и во нејзиното продолжение кон запад кон Пелагониската котлина, каде што го сочинува и палеорелјефот на оваа депресија. Од тектонските структури доминираат брахинабори и куполоидни структури, а од нив најзначајни се долната Крапа, Подмолската и Маковската брахи - антиклинала.

Во неотектонската етапа, најверојатно во долносредниот плиоцен, на просторот меѓу пелагонискиот масив и западномакедонската зона со

вертикални движења дошло до формирање на Пелагонискиот грабен, како морфоструктура на тонење, ограничен со морфоструктури на издигање што припаѓаат на пелагонискиот масив и западномакедонската зона. Овие морфоструктури се формирани преку претежно новоформираните млади гравитациски раседи со доминантен правец на протегање ССЗ - ЈЈИ до С - Ј и послабо изразени системи СИ - ЈЗ до И - З.

Пелагониската Котлина, во целина, претставува типичен симетричен грабен со генерална ориентација ССЗ - ЈЈИ до С - Ј. Оваа морфоструктура на тонење на запад е ограничена со крупен гравитациски расед што минува низ Битола и има ориентација С - Ј. На исток грабенот е ограничен со систем на гравитациски раседи со протегање ССЗ - ЈЈИ на потегот Скочивир – Врањевци – Суводол – Прилеп. Според М. Арсовски, грабенот е дислоциран и со раседи од СИ - ЈЗ правец и поделен на северен, среден и јужен блок. Северниот блок е потонат околу 400 метри, средниот околу 200 метри, а јужниот е потонат околу 700 - 800 метри. На следната слика е дадена тектонската карта на истражуваниот простор.





Слика 5. Тектонска карта на истражуваниот простор  
Figure 5. Tectonic map of the examined area

## **6. ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИ И ТЕХНИЧКО – ТЕХНОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РАБОТНАТА СРЕДИНА**

Во рудникот „Суводол“ физичко - механичките особини на работната средина се многу различни и разновидни, во зависност од локацијата на извршените анализи.

Инженерско - геолошката поделба на карпестите маси е извршена според генетскиот критериум.

Оттука во рудникот „Суводол“ застапени се следниве инженерско - геолошките групи на карпести маси што поединечно ќе бидат претставени натаму во тектот.

### **6.1. МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ**

#### **6.1.1. Цврсто врзани каменети карпести маси**

Овде припаѓаат гнајсевите (Gm) и микашистите (Sm) од прекамбрискиот комплекс што ги сочинуваат ивицата и основата на истражуваниот терен.

Кога станува збор за гнајсевите, тогаш може да се забележи дека нивната алтеризација е изразена во вид на површински грусирани зони, лимонитизација на пукнатинските површини и поретка наполнетост на пукнатините со матичен материјал.

Микашистите се подредено застапени во однос на гнајсевите и за нив е најважно е тоа што се силно вшкрилени по рамнините на фолијацијата, каде што се издвојуваат сантиметарски до дециметарски плочки.

### **6.1.2. Цврсто врзани полукаменети карпести маси**

Во оваа група е издвоен јагленот (J). Јагленовата супстанца ги поседува својствата на меките кафеави јаглени.

### **6.1.3. Цврсто врзани полукаменети до слабо врзани карпести маси**

Во оваа група спаѓаат трепелите (TR). Според своите физички својства, особено во услови на природна влажност пред ископ, овие седименти ги имаат сите карактеристики на слабо врзани карпести маси. Трепелите имаат ниски вредности на волуменските тежини и висока природна влажност.

Според своите структурни карактеристики и кртите ломови како и начинот на појава на нестабилности, што настануваат по дисконтинуитетите, трепелите се однесуваат како изразено дисконтинуитетна средина, што е карактеристична за цврсто врзаните карпи.

На конкретно истражуваниот простор се забележуваат два варијатета на трепелите, и тоа: сиво – бели и сиви што, во механичка смисла се однесуваат идентично. Сиво – белите варијатети се суперпозиционирани во однос на сивите, а локално низ нив се среќаваат и лимонитизирани зони по должината на пукнатините.

### **6.1.4. Слабо врзани карпести маси**

#### **6.1.4.1. Алувијални песокливи глини**

Овие глини се застапени во зоната на меѓу свлечиштето и телото на браната „Суводол“. Тие се преставени со песокливи темнокафеави глини со органски примеси и додатоци на одделни чакалести зрна.

#### **6.1.4.2. Делувијални песокливи глини**

Овие творби зафаќаат голем дел од просторот. Тие се преставени со песоклива глина низ којашто се среќаваат одделни чакалести зрна со пречник од 4 - 5 (cm) сантиметри. Овие седименти се добро збиени и имаат црвеникава боја.

#### **6.1.4.3. Јагленова глина**

Оваа глина е констатирана во кровината и подината на јагленовиот слој. Дел е од продуктивната фација и наместа се забележуваат преоди кон јагленот. Таа претставува високопластична органска глина и по боја е темнокафеава до црна. Од хидрогеолошки и инженерско - геолошки аспект значајни за јагленовата глина се следниве аспекти:

- од хидрогеолошки аспект, таа претставува изолаторска средина во којашто е сместен тн. меѓуслоен изданок под притисок,
- зона на контакт со останатите литолошки членови што треба да се анализира како потенцијална зона на свлекување,
- зона до којашто се планира да се изврши ископот, односно тампон на пиезометарскиот притисок на меѓуслојниот и подинскиот изданок под притисок.

#### **6.1.5. Невразни карпести маси**

Од оваа група се застапени повеќе варијатети, што ќе бидат објаснати натаму.

##### **6.1.5.1. Колувијални творби**

Овие творби претставуваат мешавина од различни видови карпи зафатени со процесот на свлекување и се нарушени од нивната природна положба. Основни нивни карактеристики се слабата консолидираност и големата порозност.

##### **6.1.5.2. Алувијални песокливи и песокливо-чакалести седименти**

Овие карпести маси се протегаат во зоната на алувијалната рамнина на Суводолска Река. Според бојата тие се црвенкасти до сивкасти, а се средно или слабо збиени.

## **6.2. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ**

Геолошката градба на истражуваниот простор и поширокиот регион, како и хидролошките, односно климатските услови на подрачјето предизвикуваат специфични хидрогеолошки карактеристики.

Постојаните особини уште повеќе се усложнуваат со инженерските зафати со коишто природната хидрогеолошка состојба трпи определени промени. Сето тоа, од своја страна, има директен одраз врз условите на ископ, пред се, врз стабилноста на косините на работните и експлоатационите етажи, како и на завршната косина на копот, но најбитна улога игра и степенот на одводнетоста на теренот.

### **6.2.1. Застапеноста на хидрогеолошките појави и нивното влијание врз одводнетоста на наоѓалиштето**

Во регионот на П.К. „Суводол“ пред започнувањето на рударските активности постоел површински водотек на реката Суводолка кој што со изградбата на браната „Суводол,“ низводно од браната е претставен со вештачко езеро.

Логичен заклучок е дека оводнувањето со оваа акумулација беше можно само во рамките на кварталните седименти и кровинските плиоценски песоци. Оваа можност произлегува од фактот што овие седименти се протегаат и во акумулациониот простор, што дава можност да се размислува за идна инфилтрација на езерската вода во нив која што, како подземна вода, ќе се движи генерално кон поранешниот речен ток.

Втората хидрогеолошка појава, што може да има влијание врз одводнетоста на теренот, односно прихранувањето на подземните води, секако, се атмосферските врнежи. За ова подрачје карактеристично е тоа што атмосферските врнежи се јавуваат многу невоедначено и незакономерно, и тоа како на месечно, така и на годишно ниво. Имено, само за илустрација во 1990 година во ова подрачје паднале 397,50 Н – мм или просечно по месец 33,12 Н

– mm, додека во наредната 1991 год. во ова подрачје наврнале 606 H – mm или просечно по месец 50,50 H – mm. Со зголемување на длабочината на ерозивниот фундамент на самиот коп овие атмосферските врнежи почесто претставуваат проблем и ја отежнуваат експлоатацијата особено за време на поројни врнежи и масовни топења на снегот (во изминатиот период обично во месец март).

#### **6.2.2. Хидрогеолошка функција на литолошките елементи**

Во составот на теренот се застапени и литолошки елементи со хидрогеолошка функција на хидроколектори, хидроизолатори и хидрокомплекси. Поради честата промена на литологијата како по хоризонтала, така и по вертикала, овие хидрокомплекси се многу чести и во нив се издвојуваат релативно хидрогеолошките колектори (прашинести до заглинети песоци и поретко чакали) и релативно хидрогеолошките изолатори (песокливо чакалести глини и прашини).

Во типичните хидрогеолошки колектори спаѓаат наслагите од песоци и чакали, а во типичните хидрогеолошки изолатори спаѓаат делувијалните глини црвеници, алувијалните песокливи кафеави глини, јагленовите глини и трепелите. Јагленот спаѓа во хидрогеолошките изолатори но во зоните со поголема тектонска оштетеност (каде што тој истиот прилично е испукан) може да преминува кон типичните хидрогеолошки колектори со пукнатинска порозност.

### 6.3. ГЕОМЕХАНИЧКИ ПАРАМЕТРИ, КОРИСТЕНИ ПРИ АНАЛИЗАТА НА СТАБИЛНОСТА

За да се добијат најрелевантни и најрепрезентивни резултати од спроведената анализа на стабилноста, најважно беше да се изврши правилен избор и прецизни вредности на геомеханичките параметри на материјалите што беа опфатени со истражувањето. Затоа, при решавањето на овој проблем, беа користени сите податоци како од сегашните, така и од претходните истражувања и испитувања, а усвоените геомеханички параметри се прикажани во табела 7.

Табела 7. Табела за геомеханички параметри на материјалот  
Table 7. Table of geomechanical parameters of the material

Реден број	Вид на материјал	Геомеханичка ознака	G (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi(^{\circ})$	c (kN/m <sup>2</sup> )
1	Квартер - декувијални седименти	CL/CI	19	21	10
2	Трепел	TR	15,64	17,90	31,83
2*	Трепел - пореметен	TR	15,64	13,00	0
3	Јаглен	L	11,61	30,00	45,00
3*	Јаглен - пореметен	L	11,61	30,00	0
4	Јаглена глина	OH/OI	16,63	10,27	0
5	Подински песоци и Прашина	SFs SFs/MI	21,2	20,77	0
5*	Пореметен материјал	SFs SFs/MI	19.5	10,60	0
6	Гнајс	Gn	22	50	200
7	Грус-чакалест материјал од распадната основна карпа	SW/Gn	21,60	20,00	0
8	Лискунска прашина	MI/MH	15,45	12,76	0

На одделни делови од копот постојат зони со структурно-тектонски нарушувања особено во трепелот, што се манифестираат, најчесто, преку

вертикални пукнатини со променлива должина и тие се јавуваат на платоата меѓу две косини.

Кога се анализира стабилноста на трепелот во вакви услови се земаат предвид податоците од испитувањата на јакоста на смолкнување по должинските дисконтинуитети  $c = 0$  (kN/m<sup>2</sup>) а  $\varphi = 13^{\circ}$ .

Врз основа на податоците од досегашниот ископ на трепелот како поспецифични зони на нарушување се издвојуваат контактите на трепелот со јагленот и квартерните кровински седименти, како и ивичните делови на копот.

На Микролокацијата 6 се утврдени прослојки на лискунска глина во трепелот (за која што се верува дека е интеркалирана со активноста на фосилното свлечиште) и за неа се добиени многу ниски јакосни параметри а тоа дополнително ја усложнува стабилноста на овој терен.

Во ненарушените трепелски партии на Микролокацијата 6 и Микролокацијата 7 се направени три мерни места на кој што се измерени елементите на падот на слоевитоста на глините и е добиен резултат што покажува дека слоевите имат благи падови од 5 % до 11%. Овие речиси хоризонтални падови влијаат врз поволната стабилност на целиот коп, иако падот на слоевите е кон ерозивниот базис (најниската зона на ископ). Имено, тој е многу мал и не предизвикува значајна дестабилизација.

Како што може да се види (од табела 7) постојат определени нарушени партии и во самиот јагленов слој што, исто така, се поврзани со фосилното свлечиште, па затоа при анализата на стабилноста на овој дел кохезијата се смета дека е еднаква на нула.

Како што веќе беше споменато, подинските седименти речиси во целост се водозаситени и некохерентни, така што и кај нарушените, и кај свежите материјали кохезијата е нула и тие се разликуваат според јакоста само по аголот на внатрешното триење што двојно е поголем кај ненарушените партии.



Гнајсот е основната карпа (кристалин) преку која што се протега целата серија, а тоа најдобро се гледа на рабовите на басенот, додека грусот е материјал што е изграден од подински песоци и чакали, а се јавува над основната карпа.

На крајот треба да се напомене и влијанието на хидрогеолошката состојба како значаен фактор за стабилноста на косините. Во зоните каде што оваа состојба добро е дефинирана и реално прикажана како параметар во анализата на профилите, излезните резултати се многу покоректни. Можеби истражувањата во оваа област во иднина треба да се насочат кон опсервација на промените на овој параметар, и тоа за време на сушните и врнежливите периоди, односно во зависност од тоа дали се тангираат различните параметри за време на анализите на стабилноста.

## **7. АНАЛИЗА НА ГЕОТЕХНИЧКАТА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ**

### **7.1. АНАЛИЗА НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ**

Анализата на геотехничката стабилност на работните косини во ПК „Суводол“ од април 2009 год. ја извршува Универзитетот „Гоце Делчев“- Штип т.е. Катедрата за површинска експлоатација што ја претставува стручна екипа во договор со раководството на ПЕ „Рудници“. Всушност се работи за месечни извештаи што ги анализираат карактеристичните профили кои што се избрани како најкритични за определен месец, во согласност со планираните месечни активности во рудникот „Суводол“.

Избраните профили се различни за секој месец па се внимава да се опфати целиот рудник или, конкретно според планот за работа на рудникот во некој конкретни месец се избираат најкарактеристичните профили за тој период.

Целта на оваа магистерска работа - „Проценка на геотехничката стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација“ - е да се направи една комплетна анализа на податоците што се добиени за стабилноста на косините во период од април 2009 год. до април 2010 год. и да се даде оценка за стабилноста на рудникот, т.е. да се посочат некои мерки и постапки за стабилизација на работните косини. Во периодот што се испитуваше беа направени дванаесетмесечни извештаи каде што беа анализирани шеесет попречни и надолжни профили што беа карактеристични за определените месеци така што одделни профили се повторуваат повеќепати.

Натаму во оваа магистерска работа се сумираат резултатите и се прави графички и табеларен приказ на определените профили што беа

анализирани повеќепати за да се согледа трендот на движење на коефициентот на стабилност во различните месеци за исти профили.

Исто така направена е анализа и споредување на профилите (вкупно осум профили) што беа анализирани повеќепати.

Имено беа избрани се профилите: P08 – 08', P09 – 09', P10 – 10', 49 – 49', 53 – 53', 55 – 55', 72 – 72', 76 – 76'. Од анализите што ги имае направено стручната екипа од Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, Институт за рударство и Катедра за површинска експлоатација беа земени најниските вредности на коефициентот на стабилности, анализирани според четири методи, односно:

- ламели,
- Bishop,
- Janbu,
- Spencer.

Врз тие податоци беа извршени сите натамошни истражувања.

**Анализа на профилот P08 – 08'**

Табела 8. Резултати од анализата на профилот P08 - 08'  
Table 8. Results from the analysis of profile P08 - 08'

Метод	Април 2009	Јули 2009	Август 2009	Септември 2009
Ламели	0,759	0,759	0,765	1,155
Bishop	0,935	0,935	0,941	1,225
Janbu	0,871	0,871	0,865	1,192
Spencer	0,935	0,935	0,954	1,261

Профилот P08 – 08' е анализиран во април, јули, август и септември 2009 год. и се добиени резултатите што се прикажани во табелата 8. Овие резултати од (профил P08 – 08') покажуваат дека профилот полака се стабилизира и од минимален коефициент на стабилност од 0,759 во април 2009 година се зголемува на 1,155 во септември 2009 година.

Тоа е под граничниот коефициент на сигурност од 1,3, но покажува дека профилот е под условна стабилност, така што треба да се преземат мерки и активности за стабилизација на коефициентот на сигурност. На графиконот 1 се гледа движењето на коефициентот во анализираните четири месеци.

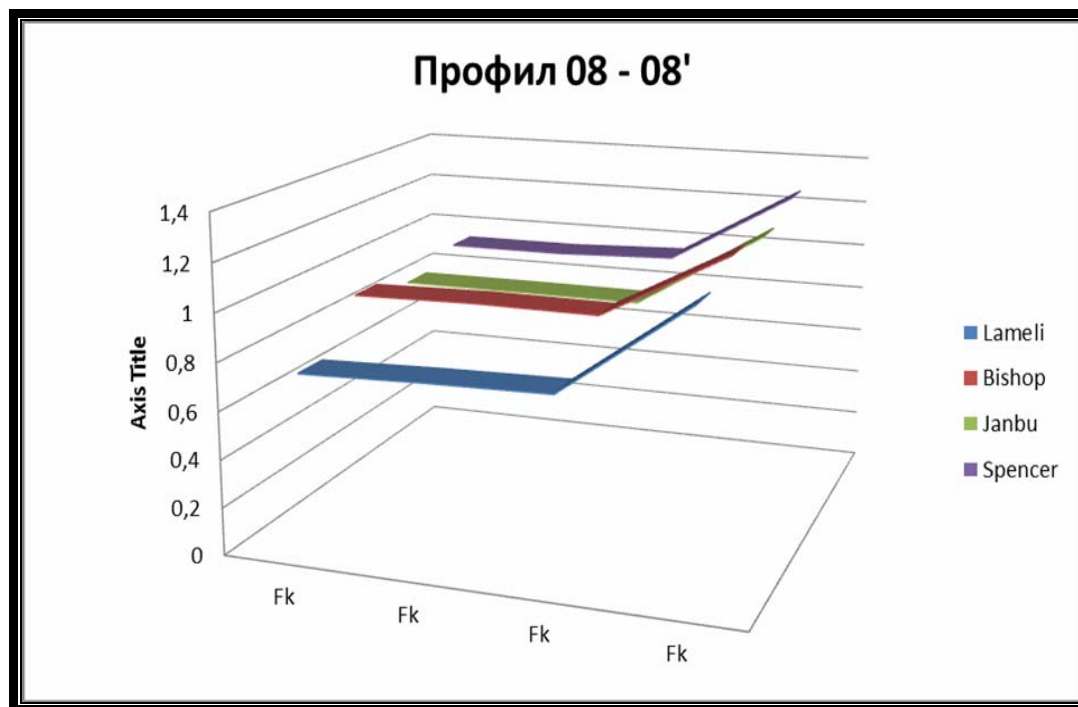


График 1. Движењето на коефициентот на профилот P08 – 08'  
Chart 1. The movement of the coefficient profile P08 – 08'

**Анализа на профилот P09 -09'**

Профилот P09 – 09' беше разгледуван во пет месеци, и тоа мај, Јуни, ноември, декември 2009 година и април 2010 година, а на во следната табела 9 е даден прегледот на минималниот коефициент на сигурност, што е добиен преку испитувањето на овој профил. Коефициентот на стабилност од 0,861 во мај 2009 паѓа на 0,734 во ноември 2009 за во април 2010 год. да се јави зголемување до 1,001. Сепак овој податок покажува дека стабилноста на овој профил е незадоволувачка и дека треба да се преземат соодветни мерки за стабилизација на теренот. Графички преглед за движењето на коефициентот на стабилност на овој профил е даден во графиконот 2.

Табела 9. Резултати од анализата на профилот P09 - 09'  
Table 9. Results from the analysis of profile P09 - 09'

Метод	Мај 2009	Јуни 2009	Ноември 2009	Декември 2009	Април 2010
Ламели	0,861	0,857	0,734	0,888	1,001
Bishop	1,132	1,157	0,857	1,087	1,118
Janbu	1,008	1,059	0,840	0,978	1,018
Spencer	1,172	1,187	0,914	1,002	1,109

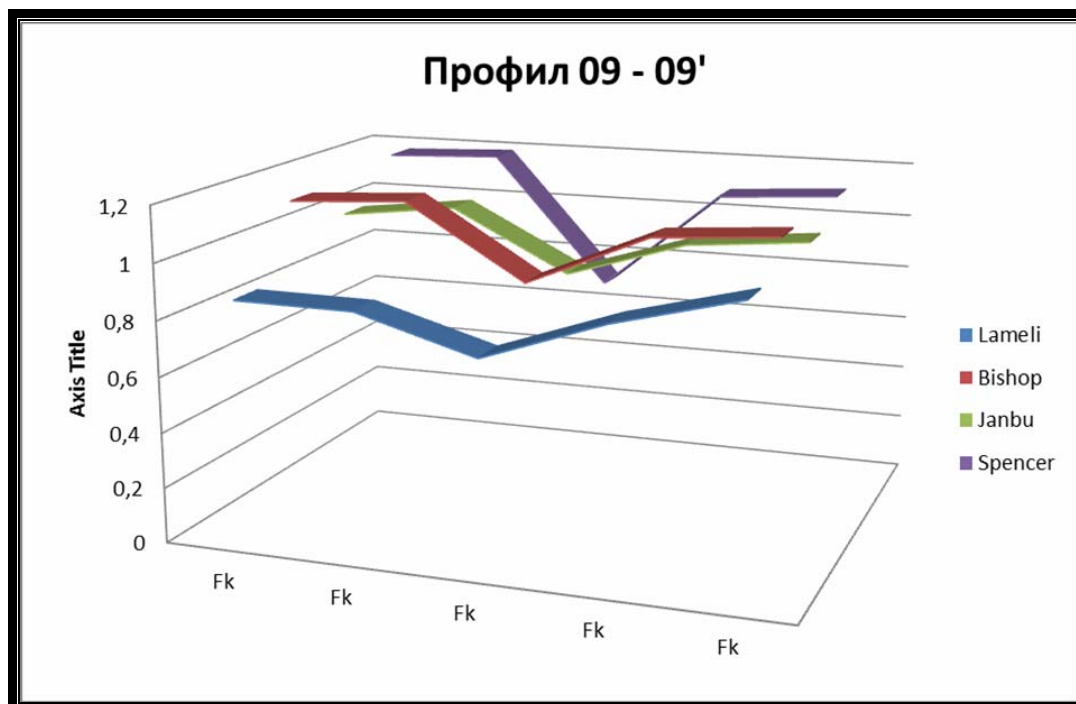


График 2. Движењето на коефициентот на профилот P09 – 09'  
Chart 2. The movement of the coefficient profile P09 – 09'



Слика 6. Приказ на профилот P09 – 09'  
Figure 6. Real view of profile P09 – 09'

**Анализа на профилот P10 - 10'**

Профилот P10 – 10' беше анализиран во месеците април, јули, август и декември 2009 година. Резултатите од извршената геомеханичка стабилност според користените четири методи на пресметка на геомеханичката стабилност (Методот на ламели, Бишоп, Јанбу и Спенсер) се различни, па така од 0,873 во април 2009 година коефициентот на стабилност се зголемува и изнесува 1,003 во август 2009 за во декември 2009 година да опадне на 0,642 што е многу ризичен коефициент за стабилност па затоа мораше да се преземат посебни мерки за стабизирање на таа локација во анализираниот период.

Табела 10. Резултати од анализата на профилот P10 - 10'  
Table 10. Results from the analysis of profile P10 - 10'

Метод	Април 2009	Јули 2009	Август 2009	Септември 2009
Ламели	0,873	0,873	1,003	0,642
Bishop	1,123	1,125	1,127	0,830
Janbu	0,971	0,871	0,865	1,192
Spencer	1,160	1,160	1,146	0,867

Во декември 2009 година беа превземени посебни мерки за стабилизација на овој профил, а беа извршени мерења на нивото на подземната вода кај овој карактеристичен профил. Имено за таа цел беа направени активности за намалување на нивото на подземни води, но бидејќи се работеше во зимски услови нивото на водата беше високо, тоа директно влијаеше врз стабилноста на теренот. Исто така, беа преземени мерки за намалување на височината на етажата со помошната механизација, така што се пристапи кон растоварување на блокот кај овој профил.



## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

---

Од овие преземени активности се очекуваше да не дојде до свлекување на поголеми количини материјал. Постојаната состојба покажуваше мали пукнатини што, исто така, беа знак за нестабилноста на теренот. На графиконот 3 е прикажано движењето на минималниот коефициент на стабилност во тие месеци.

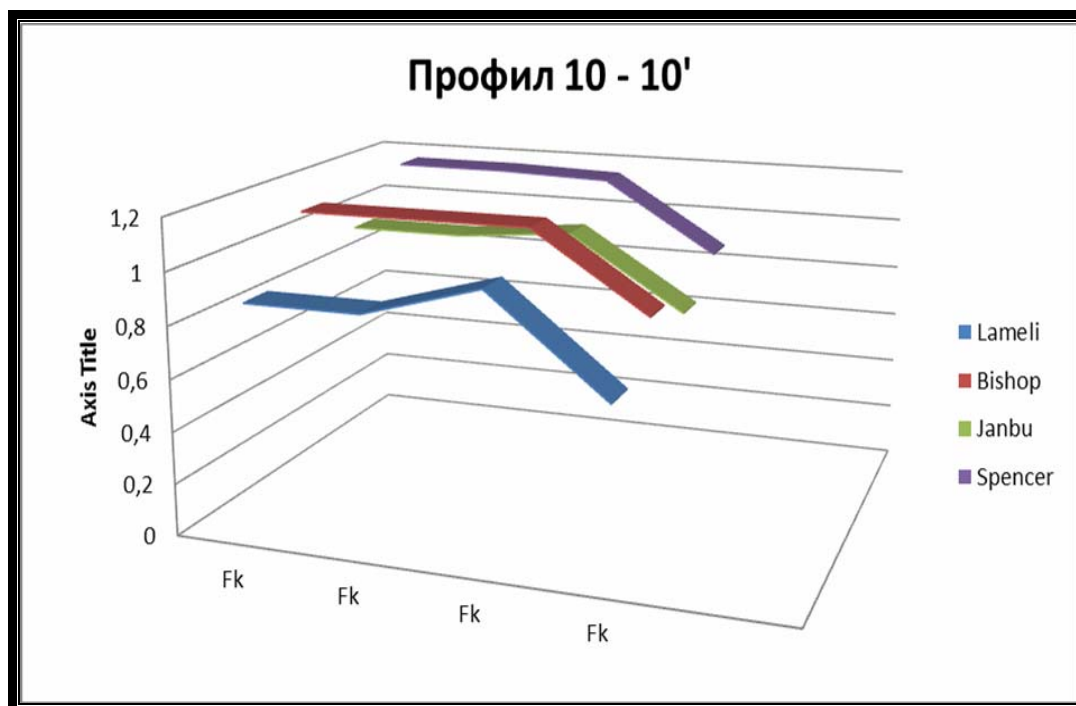


График 3. Движењето на коефициентот на профилот P10 – 10'  
Chart 3. The movement of the coefficient profile P10 – 10'

**Анализа на профилот 47 - 47'**

Анализата на профилот 47 – 47' беше направена во мај, јуни и октомври 2009 година, а во табелата се дадени резултатите од испитувањето во тие месеци така што се гледа дека коефициентот на стабилност од 0,803 во мај 2009 коефициентот на стабилност е зголемен на 0,985 во јуни 2009 год. а во октомври 2009 година тој изнесува на 0,910. Исто така и на овој профил стабилноста не задоволуваше, така што беа преземени мерки и иницијативи на стабилизација на теренот. На графиконот 4 е прикажано движењето на коефициентот на стабилност за овој профил.

Табела 11. Резултати од анализата на профилот 47 - 47'  
Table 11. Results from the analysis of profile 47 - 47'

Метод	Мај 2009	Јуни 2009	Октомври 2009
Ламели	0.803	0.985	0.910
Bishop	1.088	1.086	1.199
Janbu	0.946	0.955	1.108
Spencer	1.119	1.121	1.227

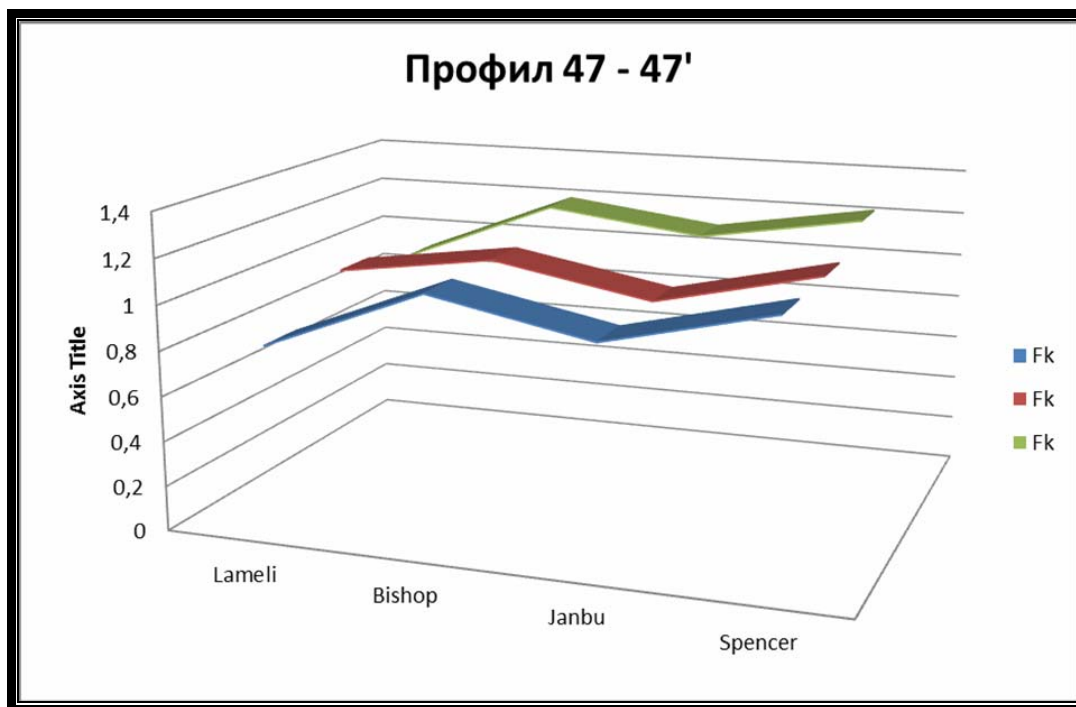


График 4. Движењето на коефициентот на профилот 47 – 47'  
Chart 4. The movement of the coefficient profile 47 – 47'

**Анализа на профилот 49 - 49'**

Профилот 49 – 49' најчесто е анализиран поради специфичната положба, т.е. тој ги опфаќа масите во рудникот што беа откопувани најмногу минатата година и каде што беше концентрирана основната механизација за откоп на јаловина. Овој профил е анализиран во осум месеци во истражуваниот период, и тоа во април, мај, јуни, јули, август, октомври 2009 година и јануари и февруари 2010 година. Бидејќи овој профил беше анализиран во подолг временски период е концентриран ископот на јаловина тој е најдобар показател за движењето на стабилноста на косините во рудникот „Суводол“. На табела 12 е даден табеларниот приказ за движењето на минималниот коефициент на стабилност што изнесува од 0,935 во април 2009 до 1,269 во октомври 2009 година, така што се гледа дека стабилноста на овој профил е условна и се движи во границите на дозволените параметри.

Табела 12. Резултати од анализата на профилот 49 - 49'  
Table 12. Results from the analysis of profile 49 - 49'

Метод	Април 2009	Мај 2009	Јуни 2009	Јули 2009	Август 2009	Октомври 2009	Јануари 2010	Февруари 2010
Ламели	0.935	1.107	1.069	0.935	1.003	1.269	0.997	1.253
Bishop	1.069	1.270	1.347	1.069	1.069	1.392	1.194	1.346
Janbu	0.928	1.220	1.199	0.928	1.002	1.214	1.063	1.249
Spencer	1.105	1.290	1.359	1.105	1.105	1.422	1.208	1.362

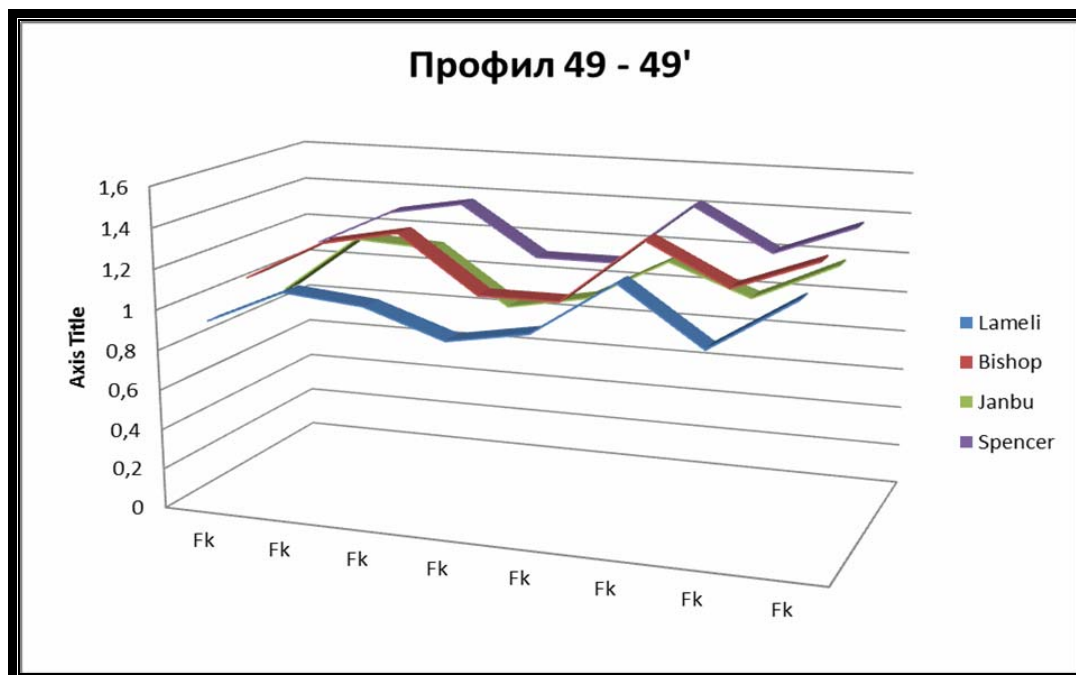


График 5. Движењето на коефициентот на профилот 49 – 49'  
Chart 5. The movement of the coefficient profile 49 – 49'



Слика 7. Приказ на профилот 49 – 49'  
Figure 7. Real view of profile 49 – 49'

На слика 7, што ги прикажуваат горните делови од профил 49 на ободниот дел од рудникот, т.е на границата на копот во јули 2009 беа изразени пукнатините што укажуваат на фактот дека теренот е нестабилен. Карактеристично за оваа состојба е тоа што има присуство на вода која што директно придонесува за намалување на коефициентот на сигурност. Во натамошниот текст од оваа магистерска работа ќе бидат дадени мерките за стабилизација на работните косини на овој профил.

### Анализа на профилот 53 - 53'

Профилот 53 – 53' беше анализиран во месеците мај, јуни, јули, септември, декември 2009 година и февруари во 2010 година. Овој профил е еден од подобрите показатели за зголемување на коефициентот на стабилност. Имено, во мај 2009 година минималниот коефициент на стабилност изнесува 1,038 така што до февруари 2010 година полака се стабилизираше и се зголеми на 1,182 што, пак, е под границата на стабилност од 1,3, но е во граници на условната стабилност.

Табела 13. Резултати од анализата на профилот 53 - 53'  
Table 13. Results from the analysis of profile 53 - 53'

Метод	Мај 2009	Јуни 2009	Септември 2009	Декември 2009	Февруари 2010
Ламели	1.038	1.007	1.188	1.192	1.182
Bishop	1.077	1.225	1.792	1.361	1.319
Janbu	1.033	1.006	1.613	1.203	1.216
Spencer	1.085	1.226	1.725	1.44	1.474

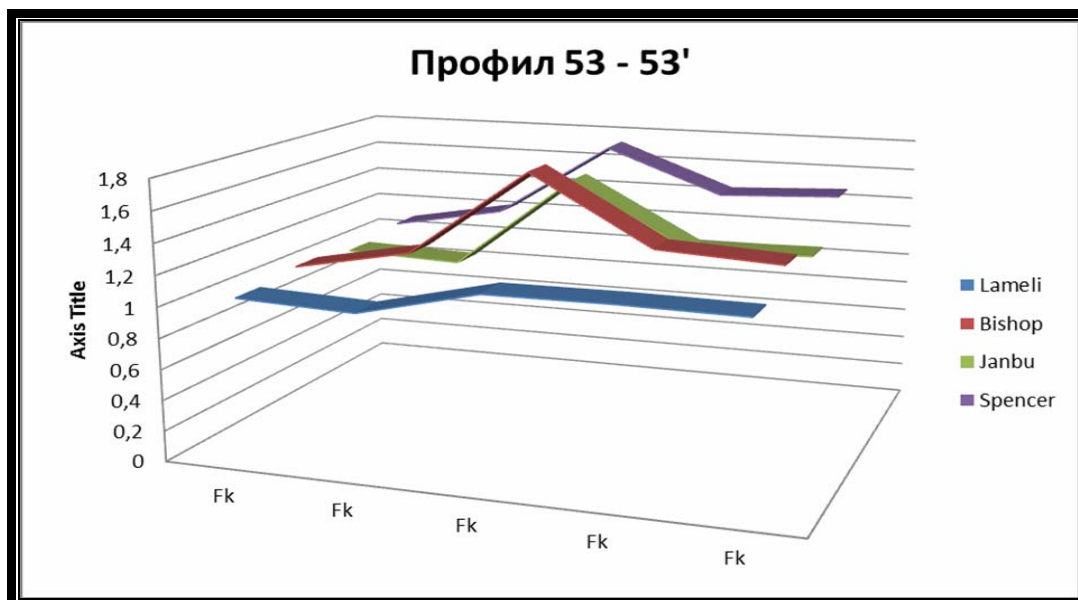


График 6. Движењето на коефициентот на профилот 53 – 53'  
Chart 6. The movement of the coefficient profile 53 – 53'

### Анализа на профилот 55 - 55'

Профилот 55 – 55' беше анализиран во април, јули и август 2009 година и тој е еден од профилите каде што имаме стабилност и каде што минималниот коефициент на стабилност се движеше од 1,410 во април 2009 год. до 1,214 во август 2009 година што е на задоволувачко ниво и тука не се правени некои посебни зафати и не беа превземени активности за стабилизација на профилот. Во табелата 14 се дадени резултатите од испитувањата на овој профил, а во графиконот е прикажано движењето на вредностите на коефициентот на стабилност на истиот профил.

Табела 14. Резултати од анализата на профилот 55 - 55'  
Table 14. Results from the analysis of profile 55 - 55'

Метод	Април 2009	Јули 2009	Август 2009
Ламели	1.410	1.410	1.214
Bishop	1.523	1.523	1.294
Janbu	1.380	1.380	1.180
Spencer	1.521	1.521	1.288

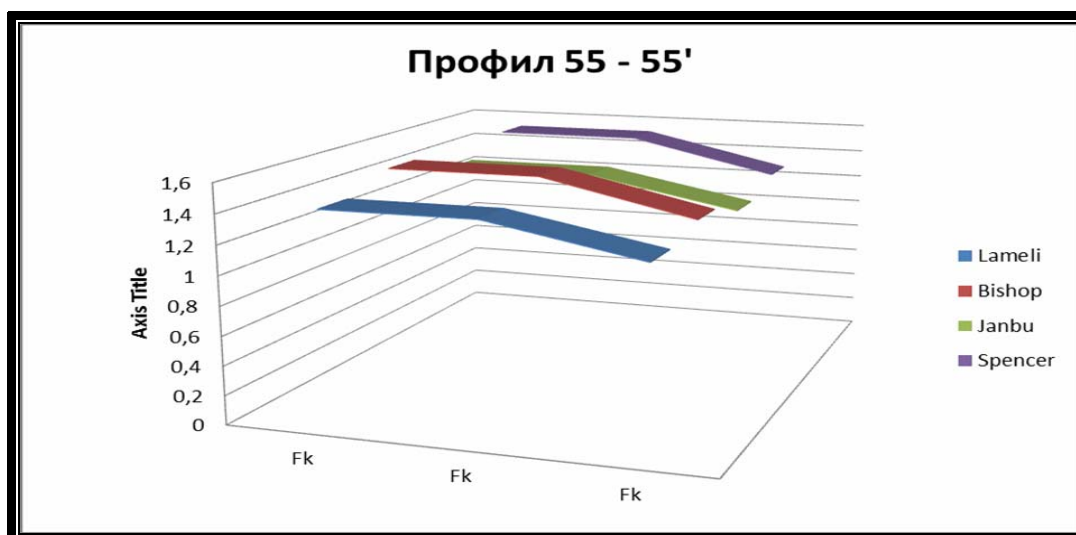


График 7. Движењето на коефициентот на профилот 55 – 55'  
Chart 7. The movement of the coefficient profile 55 – 55'



### Анализа на профилот 76 - 76'

Анализата на профилот 76 – 76' беше вршена во април, јули и август 2009 година и април во 2010 година. На овој профил имаше тренд на намалување на најминималниот коефициент на стабилност, и тоа од 1,325 во април 2009 на 1,135 во август 2009 па се до 1,072 во април 2010 година. Тоа е така поради фактот што овој профил минува во јужната зона од копот каде што багерот КУ300 вршеше ископ на јаглен, а над него, до контактната зона, имаше и количина од јаловина што не можеше да се откопа порано, главно заради различни причини но во зависност од планот за производство и потребите од јаглен.

Табела 15. Резултати од анализата на профилот 76 - 76'  
Table 15. Results from the analysis of profile 76 - 76'

Метод	Април 2009	Јули 2009	Август 2009	Април 2010
Ламели	1.325	1.325	1.135	1.072
Bishop	1.714	1.714	1.337	1.209
Janbu	1.458	1.458	1.177	1.194
Spencer	1.736	1.736	1.352	1.292

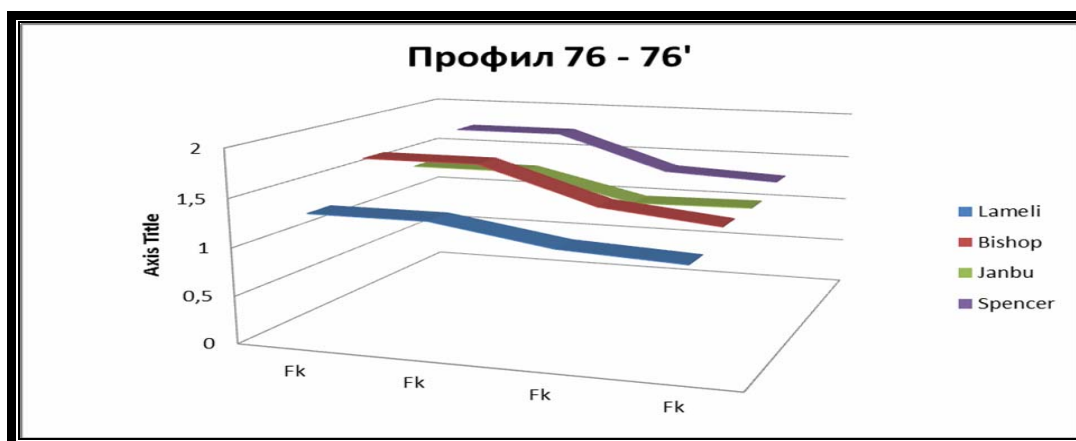


График 8. Движењето на коефициентот на профилот 76 – 76'  
Chart 8. The movement of the coefficient profile 76 – 76'

Изведените пресметки за стабилноста на работните и завршните косини се изработени врз основа на постојаните прописи и современите пристапи на науката во оваа област, а влезните податоци за пресметка се дефинирани врз основа на реализираните лабораториски и геомеханички испитувања и усвоените геотехнички (геомеханички) модели на работната средина.

Поради сложеноста на геолошките услови (генетските и постгенетските промени), како и техничките услови (начините и динамиката на изведуваче на работите, пред се одводнувањето и др.) во праксата чести се отстапувањата помеѓу моделот и реалната состојба, а тоа се очекуваше и во овој случај.

Во принцип, моделите на работната средина, во помала или поголема мера, претставуваат генерализација, односно приближна слика на сложените природи услови. Значи, колку геолошките услови се покомплицирани, а таков е случајот со лежиштето, тогаш прашањето за релевантноста на геомеханичките податоци, добиени со стандардни лабораториски опити, е поизразено.

Физичко - механичките параметри на карпестите материјали на работната средина се добиени со истражувања и испитувања изведени во границите на лежиштето на ПК „Суводол“. Бидејќи во граничниот појас околу геолошката средина нема геолошки и геомеханички податоци неопходни за формирање геотехнички модели на овој појас, беше користена екстраполација.

Всушност, со ваквиот пристап во моделите беше имплементирана хипотетика и се сметаше на потенцијално можните грешки. Затоа беше неопходно, како што веќе е нагласено, пред започнувањето на истрагите за анализа на добиените резултати, да се извршат истражувањата и испитувањата што недостасуваат за да се потврдат или корегираат претпоставените геотехнички модели и проектните решенија што произлегуваат од нив. Геолошката градба на работната средина, односно геолошките профили покажуваат дека падот на слоевите во завршните косини е

ориентиран кон спојот меѓу главниот јагленов слој и подинската јагленова серија. Со ова тврдење всушност сакаме да се потенцира дека и покрај позитивните резултати добиени во анализите за стабилност на косините, ваквата ориентација на слоевите укажува дека постои можност за појава на напонско - деформациски состојби и поместувања по контактите на слоевите.

Подземните води, како што е познато, влијаат врз стабилноста на косините, т.е. на активните сили (хидростатички и хидродинамични) и ги намалуваат параметрите на цврстина на „материјалот“ од којшто се изградени косините. Во принцип, нема лизгања без влијание на вода. Поради тоа, особено е значајно со одводнувањето на површинските и подземните води, нивното негативно влијание да се сведе на претпоставеното ниво и да се користи при пресметките за стабилноста на косините.

Имајќи го предвид фактот дека и во досегашната експлоатација на јагленот од површинскио коп „Суводол“ имаше појави на лизгање на косините, но и активирање на свлечиштата во непосредната околина на копот, реално е да се очекува дека при натамошната експлоатација на копот овие проблеми ќе бидат повеќе изразени, главно, поради поголемиот агол на залегнување на слојот генерално, но и поради правецот на залегнување што досега се движеше во прилог на експлоатацијата на јагленот а отсега во понатамошната експлоатација се очекува проблемот со залегнувањето на јагленовиот слој да биде многу поизразен.

Анализата на овие осум профили, што беа земени како профили со најминимални коефициенти на стабилност и места каде што активноста во поглед на експлоатацијата на јаглен и јаловина е најголема покажува дека во ПК „Суводол“ експлоатацијата се одвива во ризични услови на стабилност па затоа е потребно да се преземат соодветни мерки за стабилизација на работните косини. Тоа пак, значи навреме да се вршат анализи на профилите каде што се планира да се експлоатира со основната механизација и задолжително да се анализира геотехничката стабилност на работните косини.

## 7.2. ТРЕНД АНАЛИЗА НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ

Покрај прикажаните табеларни и графички показатели за коефициентите на стабилност на сите осум профили, изработена е и компаративна корелација што го покажува односот на коефициентите на стабилност во различните месеци.

Исто така, направена е анализа со линерна регресија, полиномна регресија од втор степен, полиномна регресија од трет степен и логаритамска анализа на трите карактеристични профили, односно профилот P49 – 49'; P 09 – 09' и 53 – 53'. Од извршените три анализи се утврди дека полиномната регресија од трет степен е најблиска до реалноста и таа анализа се избра како најсоодветна за предвидување на коефициентот на стабилност за наредните шест месеци. Извршените анализи покажуваат дека е можно да се направат одделни предвидувања на коефициентот на стабилност и со 0,9 точност.

### 7.2.1. ПРОФИЛ 49 - 49'

Како најкарактеристичен профил за кој што е направена тренд анализа за проценка на стабилноста на косините беше избран токму профилот 49 - 49'. Имено, за овој профил беа направени анализи во периодот април 2009 год. до февруари 2010 година, што значи дури 8 месечни анализи. Ова е убедливо најтретиран профил чии откопни блокови имаат изразито “висока” нестабилност.

Анализата на проценката на стабилноста на косините во ова истражување беше направена според четирите методи: Ламели, Bishop, Janbu и Spencer. Притоа беа користени информациите од 4 до 6 анализирани претпоставени лизгачки површини, односно во просек околу 5. Податоците од тие истражувања се дадени во табела 16.

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

Табела 16. Најниски коефициенти на стабилност за профил 49 – 49'  
Table 16. Lowest coefficients of stability to profile 49 – 49'

Месец	Април 2009	Мај 2009	Јуни 2009	Јули 2009	Август 2009	Октомври 2009	Јануари 2010	Февруари 2010
Ред.бр	4	5	6	7	8	10	13	14
Метод	$F_k$	$F_k$	$F_k$	$F_k$	$F_k$	$F_k$	$F_k$	$F_k$
Ламели	0,935	1,107	1,069	0,935	1,003	1,269	0,997	1,253
Bishop	1,069	1,270	1,347	1,069	1,069	1,392	1,194	1,346
Janbu	0,928	1,220	1,199	0,928	1,002	1,214	1,063	1,249
Spencer	1,105	1,290	1,359	1,105	1,105	1,422	1,208	1,362

Табела 17. Влезна табела за профил 49 – 49'  
Table 17. Input table for profile 49 – 49'

Месец	X	Метод			
		Ламели	Bishop	Janbu	Spencer
		$F_s$	$F_s$	$F_s$	$F_s$
<b>Април 2009</b>	4	0,935	1,069	0,928	1,105
<b>Мај 2009</b>	5	1,107	1,270	1,220	1,290
<b>Јуни 2009</b>	6	1,069	1,347	1,199	1,359
<b>Јули 2009</b>	7	0,935	1,069	0,928	1,105
<b>Август 2009</b>	8	1,003	1,069	1,002	1,105
<b>Октомври 2009</b>	10	1,269	1,392	1,214	1,422
<b>Јануари 2010</b>	13	0,997	1,194	1,063	1,208
<b>Февруари 2010</b>	14	1,253	1,346	1,249	1,362
<b>MIN</b>		0,935	1,069	0,928	1,105
<b>MAX</b>		1,269	1,392	1,249	1,422
<b><math>X_{sr}</math></b>		1,071	1,2915	1,100	1,245
<b><math>\sigma</math></b>		0,131	0,138	0,136	0,131

**7.2.1.1. Анализа според податоци за  $F_s$  од  
метода на ламели**

По обработувањето на податоците во табела 17, како и со нивната статистичка анализа се изведе следнава табела 18:

Табела 18. Влезна табела според методот на ламели за профилот 49 – 49'  
Table 18. Input table by method of plate for profile 49 – 49'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Април 2009	4	0,935	0,992	0,985	0,980	0,974
Мај 2009	5	1,107	1,010	1,008	1,011	1,007
Јуни 2009	6	1,069	1,028	1,030	1,036	1,034
Јули 2009	7	0,935	1,046	1,051	1,058	1,057
Август 2009	8	1,003	1,064	1,071	1,076	1,077
Октомври 2009	10	1,269	1,100	1,108	1,110	1,110
Јануари 2010	13	0,997	1,154	1,156	1,169	1,149
Февруари 2010	14	1,253	1,172	1,170	1,196	1,160
Март 2010	15	1,229	1,190	1,183	1,229	1,170
Април 2010	16	1,268	1,208	1,195	1,268	1,180
Мај 2010	17	1,316	1,226	1,206	1,316	1,189
Јуни 2010	18	1,372	1,244	1,216	1,372	1,197
Јули 2010	19	1,439	1,262	1,225	1,439	1,205

Имајќи предвид дека беше анализиран временски период од април 2009 год. до февруари 2010 год. , влезниот временски период изнесуваше вкупно 11 месеци. Тренд анализата има ефект ако се прави на период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, значи во овој случај максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период од наредните 5 месеци.

Во табела 18 е дадена е подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методата на ламели. Вредностите за x при влезот имаат вредности од април 2009 год. , односно 4, па се до февруари 2010 односно 14.

Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност се усвоени за наредните пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15, па се до јули 2010 год. со вредност 19.

Тренд анализата, најчесто се изведува според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Во продолжение е дадено образложение за секоја постапка посебно.

1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{4, 5, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализи за тренд анализата за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- погаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

Според анализата направена во MS Excel, се добиваат следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 19)

Табела 19. Добиени формули според метод на ламели за профилот 49 – 49'  
Table 19. Formulas derived by a method of plate for profile 49 – 49'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	R <sup>2</sup>	Ранг
1	Линеарна	$y=0.0129x+1.1366$	0.1296	4
2	Полиномна од 2 степен	$y=-0.0003x^2+0.019x+1.1129$	0.1303	3
3	Полиномна од 3 степен	$y=0.0004x^3-0.01x^2+0.0967x+0.9228$	0.1345	1
4	Логаритамска	$y=0.1071\ln(x)+1.0261$	0.1324	2

- 3) Рангирање на добиените аналитички зависимости според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето, од табела 19 се гледа дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.1345$ . Иако оваа вредност е многу мала ( $R^2 < 0.3$ ), не може да се констатира некоја “посилна” аналитичка зависност помеѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Но како и да е, сепак, оваа регресиона анализа се усвојува како тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

- 4) Пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19. Притоа беа добиени податоци што се дадени во табела 19, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 9.



**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

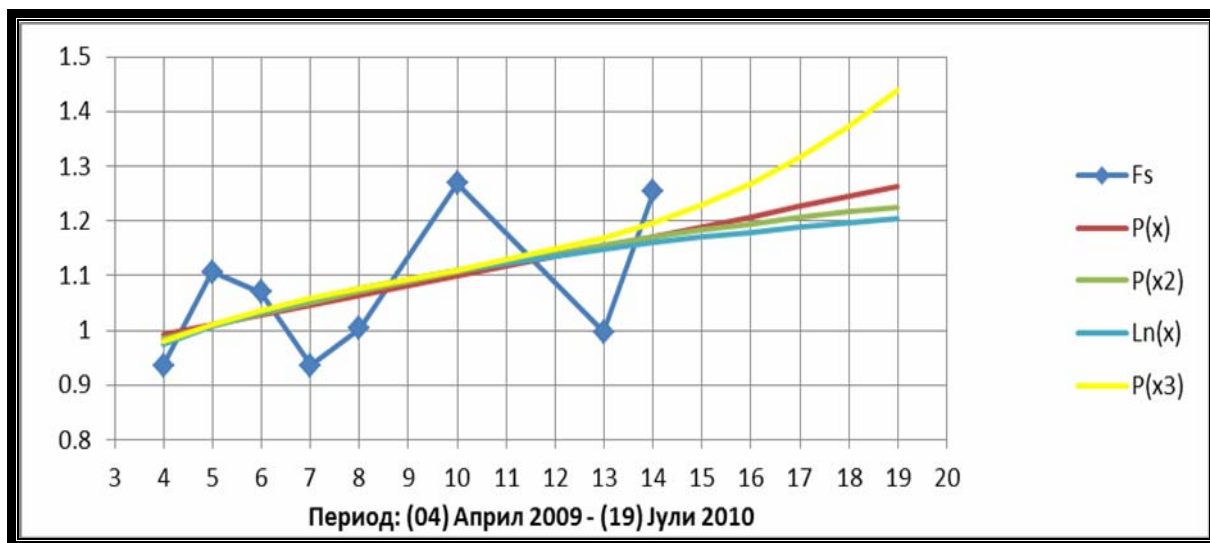


График 9. Графички приказ според методот на ламели за профилот 49 – 49'  
Chart 9. Graphic view by method of plates for profile 49 – 49'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1

Според дијаграмот, даден на графиконот 9, како и според податоците од табела 18 можат да се извлечат следните заклучоци:

- сите четири регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од март 2010 год. до јули 2010 год. покажуваат благ раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за периодот третиран со тренд анализата, се движат од 1.229 до 1.439, што значи релевантно предвидување на стабилизацијата на косините,
- вредностите добиени со тренд анализата во голема мера се поклопуваат со вистинските добиени преку директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови. Но, за овој профил има потреба од

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третираниот временски период.

**7.2.1.2. Анализа според податоците за  $F_s$  со  
помош на метода на Bishop**

По обработувањето на податоците изнесени во табела 17 како и по нивната статистичка анализа се изведе следната табела 20:

Табела 20. Влезна табела според методот на Bishop за профилот 49 – 49'  
Table 20. Input table by method of Bishop for profile 49 – 49'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Април 2009	4	1,069	1,158	1,158	1,143	1,144
Мај 2009	5	1,270	1,172	1,172	1,175	1,170
Јуни 2009	6	1,347	1,186	1,186	1,196	1,191
Јули 2009	7	1,069	1,200	1,200	1,207	1,209
Август 2009	8	1,069	1,214	1,214	1,213	1,224
Октомври 2009	10	1,392	1,243	1,242	1,221	1,250
Јануари 2010	13	1,194	1,285	1,285	1,265	1,280
Февруари 2010	14	1,346	1,299	1,299	1,300	1,289
Март 2010	15	1,351	1,313	1,313	1,351	1,297
Април 2010	16	1,421	1,327	1,327	1,421	1,304
Мај 2010	17	1,511	1,341	1,341	1,511	1,311
Јуни 2010	18	1,626	1,355	1,356	1,626	1,318
Јули 2010	19	1,769	1,369	1,370	1,769	1,324

Имајќи предвид дека беше анализиран временски период од април 2009 год. до февруари 2010 год. , се гледа дека влезниот временски период изнесува вкупно 11 месеци. Тренд анализата има ефект ако се прави на период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, а тоа значи во овој случај максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период за наредните 5 месеци.

Во табела 20 е даден подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методот на ламели. Вредностите за  $x$  за влез имаат вредности од април 2009 год. , односно 4, па се до февруари 2010 год. односно 14. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени во наредните пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15, па се до јули 2010 год. со вредност 19.

Тренд анализата се изведува според следните 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависност според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Во продолжение е дадено образложение за секоја постапка посебно.

1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{4, 5, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализи за тренд анализата за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови се усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

- 2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, се добиваат следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 21)

Табела 21. Добиени формули според Bishop за профилот 49 – 49'  
Table 21. Formulas derived by a Bishop for profile 49 – 49'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = 0.0141x + 1.1015$	0,1399	3
2	Полиномна од 2 степен	$y = 0.00001x^2 + 0.0139x + 1.1022$	0,1399	3
3	Полиномна од 3 степен	$y = 0.0005x^3 - 0.0133x^2 + 0.1211x + 0.8398$	0,1472	1
4	Логаритамска	$y = 0.1159\ln(x) + 0.983$	0,1401	2

- 3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 21 се забележува дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.1472$ . Иако оваа вредност е многу мала ( $R^2 < 0.3$ ), не може да се констатира некоја “поголема” аналитичка зависност меѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Сепак, оваа регресиона анализа се усвојува за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

- 4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19. Притоа беа добиени податоци што се дадени во табела 21, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 10.

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

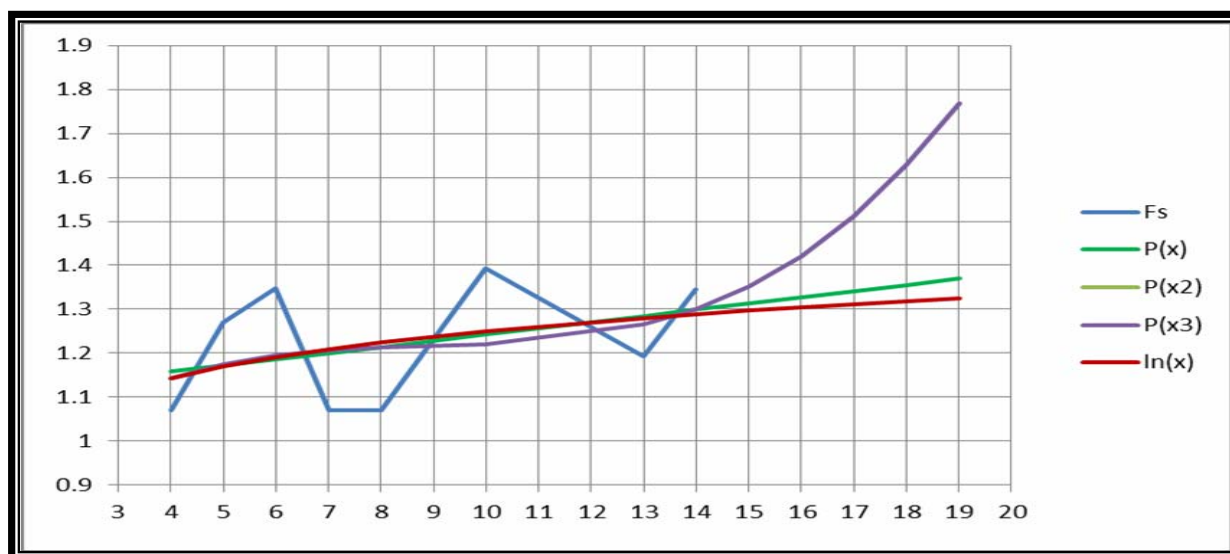


График 10. Графички приказ според метод на Bishop за профилот 49 – 49'  
Chart 10. Graphic view by method of Bishop for profile 49 – 49'

Според дијаграмот на графиконот 10, како и според податоците од табела 21 можат да се констатираат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа, што има побрз тренд на зголемување, особено во последните два месеца на разгледување, односно јуни и јули 2010 год.,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од март 2010 год. до јули 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за периодот третиран со тренд анализата, се движат од 1.351 до 1.769, што значи се укажува на предвидувањето на стабилизацијата на косините,

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

- вредностите добиени со тренд анализата, во релативно мал дел, се поклопуваат со реалните, добиени преку директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

За овој профил, во основа, нема потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третираниот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , треба да се има поголема внимателност во прифаќањето на овие информации.

**7.2.1.3. Анализа според податоците за  $F_s$  со  
помош на методот на Janbu**

По обработувањето на податоците од табелата 17 како и по нивната статистичка анализа се изведе следната табела 22.

Табела 22. Влезна табела според методот на Janbu за профилот 49 – 49'  
Table 22. Input table by method of Janbu for profile 49 – 49'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Април 2009	4	0,928	1,043	1,056	1,018	1,031
Мај 2009	5	1,220	1,056	1,061	1,070	1,054
Јуни 2009	6	1,199	1,069	1,068	1,094	1,074
Јули 2009	7	0,928	1,082	1,077	1,096	1,090
Август 2009	8	1,002	1,096	1,087	1,086	1,105
Октомври 2009	10	1,214	1,122	1,114	1,058	1,128
Јануари 2010	13	1,063	1,162	1,167	1,112	1,156
Февруари 2010	14	1,249	1,175	1,189	1,188	1,164
Март 2010	15	1,305	1,188	1,212	1,305	1,172
Април 2010	16	1,472	1,201	1,237	1,472	1,179
Мај 2010	17	1,695	1,214	1,264	1,695	1,185
Јуни 2010	18	1,984	1,228	1,292	1,984	1,191
Јули 2010	19	2,345	1,241	1,323	2,345	1,197

Имајќи предвид дека беше анализиран временски период од април 2009 год. до февруари 2010 год. тоа може да се забележи дека влезниот временски период изнесува вкупно 11 месеци. Тренд анализата има ефект ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, што значи во овој случај максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период за наредните 5 месеци.

Во табела 22 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методата на ламели. Вредностите за  $x$  за влезот имаат вредности од април 2009 год. , односно 4, па се до февруари 2010 год. односно 14. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност се усвоени за наредните пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15 па се до јули 2010 год. со вредност 19.

Тренд анализата се изведува според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Во продолжение е дадено образложение за секоја постапка посебно.

- 1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоци, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{4, 5, \dots, 19\}$ ) вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

регресиони анализа за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, се добиваат следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 23)

Табела 23. Добиени формули според Jambu за профилот 49 – 49'  
Table 23. Formulas derived by a Jambu for profile 49 – 49'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y=0.0132x+0.9899$	0,1260	3
2	Полиномна од 2 степен	$y=0.0009x^2-0.0029x+1.0527$	0,1301	2
3	Полиномна од 3 степен	$y=0.0013x^3-0.0338x^2+0.277x+0.3675$	0,1812	1
4	Логаритамска	$y=0.1068\ln(x)+0.8825$	0,1223	4

3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 22, се добива заклучок дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.1812$ . Иако оваа вредност е многу мала ( $R^2 < 0.3$ ), не може да се констатира некоја “поголема” аналитичка зависност помеѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Но, сепак, оваа регресиона анализа се усвојува како тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.



4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19. При тоа беа добиени податоците што се дадени во табела 23, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 11.

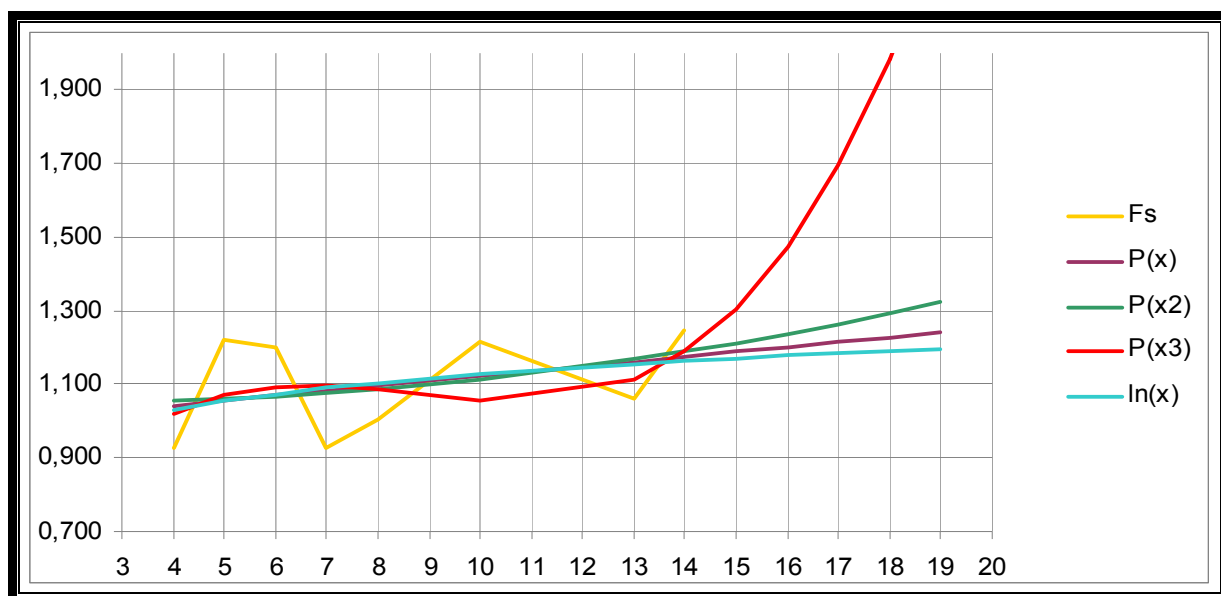


График 11. Графички приказ според методот на Jambu за профилот 49 – 49'  
Chart 11. Graphic view by method of Jambu for profile 49 – 49'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1

Според дијаграмот на графиконот 11, како и според податоците од табела 22 можат да се констатираат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување, особено во последните два месеца на истражувањето, односно јуни и јули во 2010 год.,

- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од март 2010 год. до јули 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за периодот третиран со тренд анализата се движат од 1.305 до 2.345, што значи соодветно предвидување за стабилизација на косините,
- вредностите, добиени со тренд анализата, во релативно мал дел се поклопуваат со реалните состојби, добиени преку директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

Од тука профил, во основа, немаше потреба од преземање посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третираниот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , слично како и кај преходниот модел, и овде треба да се има поголема внимателност во прифаќањето на овие информации.

**7.2.1.4. Анализа според податоците за  $F_s$  со  
помош на методот на Spencer**

По обработувањето на податоците во табела 17, како и по нивната статистичка анализа, се изведе следнава табела 24.

Табела 24. Влезна табела според методот на Spencer за профилот 49 – 49'  
Table 24. Input table by method of Spencer for profile 49 – 49'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Април 2009	4	1,105	1,188	1,184	1,175	1,175
Мај 2009	5	1,290	1,201	1,200	1,206	1,198
Јуни 2009	6	1,359	1,214	1,216	1,229	1,218
Јули 2009	7	1,105	1,227	1,231	1,247	1,235
Август 2009	8	1,105	1,240	1,246	1,261	1,249
Октомври 2009	10	1,422	1,266	1,273	1,290	1,273
Јануари 2010	13	1,208	1,304	1,309	1,369	1,301
Февруари 2010	14	1,362	1,317	1,320	1,414	1,309
Март 2010	15	1,473	1,330	1,330	1,473	1,316
Април 2010	16	1,548	1,343	1,340	1,548	1,323
Мај 2010	17	1,642	1,356	1,349	1,642	1,330
Јуни 2010	18	1,756	1,369	1,358	1,756	1,336
Јули 2010	19	1,894	1,382	1,366	1,894	1,341

Имајќи предвид дека беше анализиран временски период од април 2009 год. до февруари 2010 год. , влезниот временски период изнесуваше вкупно 11 месеци. Бидејќи тренд анализата има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третиралиот, тоа значи дека во овој случај таа важи максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период за наредните 5 месеци.

Во табела 24 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методата на ламели. Вредностите за x за влез имаат вредности за април 2009 год. , односно 4, па се до февруари 2010 год. ,

односно 14. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени за наредните пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15 па се до јули 2010 год. со вредност 19.

И овде тренд анализа се изведуваше според следниве 5 постапки.

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19;
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Натаму е дадено образложение за секоја постапка посебно.

- 1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{4, 5, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализи за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

- 2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 25)

Табела 25. Добиени формули според Spencer за профилот 49 – 49'  
Table 25. Formulas derived by Spencer for profile 49 – 49'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	R <sup>2</sup>	Ранг
1	Линеарна	$y=0.0129x+1.1366$	0,1296	4
2	Полиномна од 2 степен	$y=-0.0003x^2+0.019x+1.1129$	0,1303	3
3	Полиномна од 3 степен	$y=0.0004x^3-0.01x^2+0.0967x+0.9228$	0,1345	1
4	Логаритамска	$y=0.1071\ln(x)+1.0261$	0,1324	2

- 3) Рангирање на добиените аналитички зависимости според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето на податоците во табела 25 се забележува дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.1345$ . Иако оваа вредност е многу мала ( $R^2 < 0.3$ ), не може да се констатира некоја “поголема” аналитичка зависност меѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Но, во секој случај, сепак оваа регресиона анализа се усвојува за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

- 4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредностите на  $x$  од 4 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 4 до 19. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 25, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 12.

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

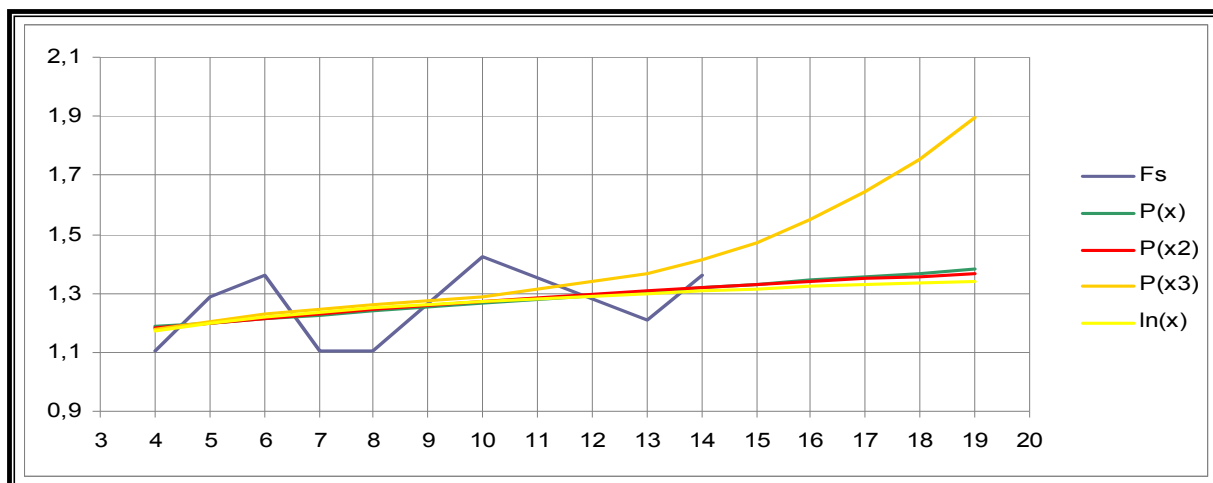


График 12. Графички приказ според методот на Spencer за профилот 49 – 49'  
Chart 12. Graphic view by method of Spencer for profile 49 – 49'

### 5) Анализирање на вредностите за $x$ од 15 до 19, со чекор 1

Според дијаграмот прикажан на графикон 12, како и според податоците од табела 24 можат да се констатираат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување, особено во последните два месеца на испитувањето, односно јуни и јули 2010 год.,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од март 2010 год. до јули 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за периодот третиран според тренд анализата се движат од 1.473 до 1.894, што значи тоа е предвидување на стабилизацијата на косините,

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

- вредностите добиени со тренд анализата во релативно мал дел, се поклопуваат со постојаните реални податоци добиени со директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови.

Во тој контекст за овој профил, во основа, немаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови на третиралиот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , слично како и кај претходниот модел, и овде се препорачува поголема внимателност при прифаќањето на овие информации.

**7.2.2. ПРОФИЛ P 09 – 09'**

Кај профилот P 09 – 09' беа направени истите анализи како и кај 49 – 49', но поради помалиот број испитувања на овој профил добиените резултати не се со голема сигурност. Влезната табела, што е користена за анализа на овој профил, е следнава:

Табела 26. Најниски коефициенти на стабилност за профилот P09 – P09'  
Table 26. Lowest coefficients of stability to profile P09 – P09'

Месец	Мај 2009	Јуни 2009	Ноември 2009	Декември 2009	Април 2010
Ред. бр.	5	6	11	12	16
Метода	$F_s$	$F_s$	$F_s$	$F_s$	$F_s$
Lameli	0,861	0,857	0,734	0,888	1,001
Bishop	1,132	1,157	0,897	1,087	1,118
Janbu	1,008	1,059	0,84	0,978	1,018
Spencer	1,172	1,189	0,714	1,082	1,109

Од оваа табела се земени податоците за натамошните испитувања според секој метод за определување на стабилноста посебно, така што од следната табела беа користени сите податоци за натамошните анализи на профилот P 09 – 09'.

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

Табела 27. Влезна табела за профилот P09 – P09'  
Table 27. Input table for profile P09 – P09'

Месец	X	Метод			
		Ламели	Bishop	Janbu	Spencer
		F <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>
Мај 2009	5	0,861	1,132	1,008	1,172
Јуни 2009	6	0,857	1,157	1,059	1,189
Ноември 2009	11	0,734	0,897	0,84	0,714
Декември 2009	12	0,888	1,087	0,978	1,082
Април 2010	16	1,001	1,118	1,018	1,109
MIN		0,734	0,897	0,84	0,714
MAX		1,001	1,157	1,059	1,189
X <sub>sr</sub>		0,8682	1,0782	0,981	1,053
σ		0,095	0,104	0,084	0,195

**7.2.2.1. Анализа според податоците за F<sub>s</sub> со помош  
на методот на ламели**

По обработувањето на податоците од табела 27, како и по нивна статистичка анализа беше изведена следнава табела 28.

Табела 28. Влезна табела според методот на ламели за профилот P09 – P09'  
Table 28. Input table by method of plate for profile P09 – P09'

Месец	x	F <sub>s</sub>	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	0,861	0,820	0,872	0,879	0,828
Јуни 2009	6	0,857	0,830	0,836	0,819	0,840
Ноември 2009	11	0,734	0,877	0,798	0,759	0,881
Декември 2009	12	0,888	0,887	0,819	0,778	0,886
Април 2010	16	1,001	0,925	1,001	0,879	0,905
Мај 2010	17	0,898	0,934	1,070	0,898	0,910
Јуни 2010	18	0,910	0,944	1,149	0,910	0,913
Јули 2010	19	0,912	0,953	1,237	0,912	0,917
Август 2010	20	0,903	0,963	1,335	0,903	0,920
Септември 2010	21	0,879	0,972	1,443	0,879	0,924



Имајќи предвид дека беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до април 2010 год. , влезниот временски период е вкупно 11 месеци. Како што е познато тренд анализата има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, што значи во овој случај максимум до наредните 5,5 месеци, а во анализата беше усвоен период за наредните 5 месеци.

Во табела 28 е дадена е подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методот на ламели. Вредностите за  $x$  за влез ги имаат вредностите од мај 2009 год. односно 5, па се до април 2010 год. односно 16. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени за наредните пет месеци, односно од мај 2010 год. со вредност 17 па се до септември 2010 год. со вредност 21.

Така, тренд анализата се изведуваше според следниве 5 постапки.

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 17 до 21, со чекор 1.

Во текстот натаму дадено е образложение за секоја постапка одделно.

- 1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоци, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 21\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализи за тренд анализата за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следните аналитички изрази за регресионите анализи (табела 29)

3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Табела 29. Добиени формули според метод на ламели за профилот P09 – P09'  
Table 29. Formulas derived by a method of plate for profile P09 – P09'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y=0.0095x+0.7727$	0.2065	3
2	Полиномна од 2 степен	$y=0.0048x^2-0.0891x+1.1974$	0.7427	2
3	Полиномна од 3 степен	$y=-0.0004x^3+0.0168x^2-0.2084x+1.5508$	0.7507	1
4	Логаритамска	$y=0.0664\ln(x)+0.7214$	0.1173	4

Според рангирањето во табела 29 се гледа дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.7507$ . Оваа вредност е приближно до 1 ( $R^2 < 1$ ), па од тука може да се констатира дека нема некоја “поголема” аналитичка зависност помеѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Токму затоа регресиона анализа се усвојува при тренд анализата за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

Врз основа на аналитичките изрази при регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 29, а од нив беше дооформен дијаграмот на графиконот 13.

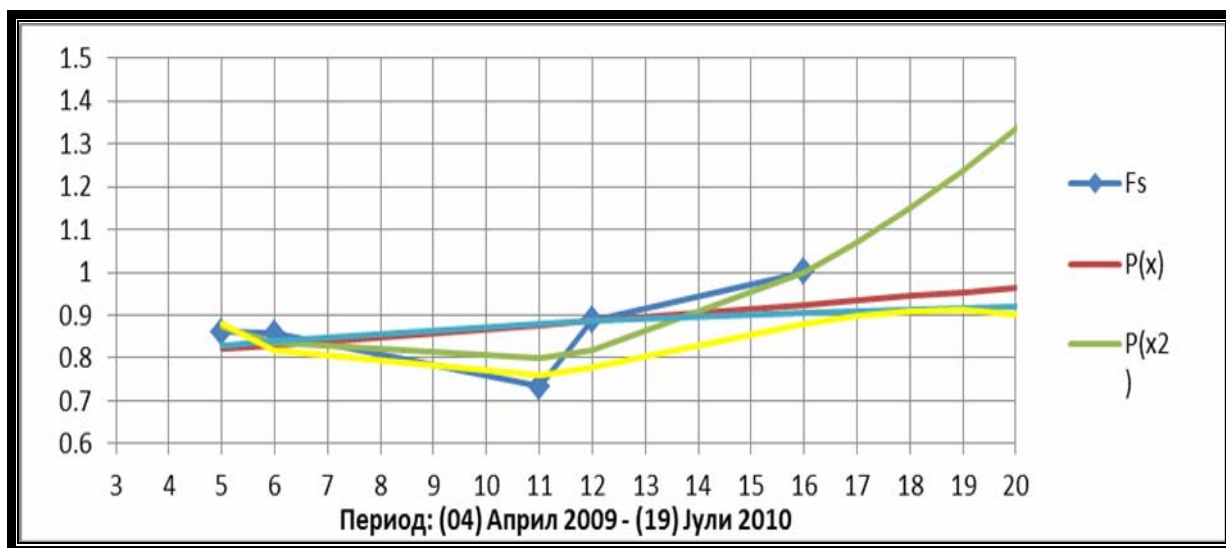


График 13. Графички приказ според методот на ламели за профилот P09 – 09'  
Chart 13. Graphic view by method of plates for profile P09 – 09'

### 5) Анализирање на вредностите за $x$ од 17 до 21, со чекор 1

Според прикажаниот дијаграм на графиконот 13, како и според податоците од табела 28 може да се извлечат следните заклучоци:

- сите четири регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од мај 2010 год. до септември 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за периодот третиран со тренд анализата се движат од 0.898 до 0.879, а тоа значи дека е потребно

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

предвидување на стабилизацијата на косините, главно поради многу малиот коефициент на стабилност што сугерира дека треба да се преземат соодветни мерки за стабилизирање на косините,

- вредностите добиени со тренд анализата, во голема мера, се поклопуваат со оние што се добиени со директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

Во таа смисла за овој профил имаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третираниот временски период.

**7.2.2.2.      Анализа според податоци за  $F_s$  со помош на  
методот на Bishop**

По обработувањето на податоците во табела 27, како и понивна статистичка анализа се добива следнава табела 30:

Табела 30. Влезна табела според методот на Bishop за профилот P09 – P09'  
Table 30. Input table by method of Bishop for profile P09 – P09'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,132	1,109	1,161	1,166	1,125
Јуни 2009	6	1,157	1,103	1,108	1,114	1,111
Ноември 2009	11	0,897	1,072	0,989	1,029	1,065
Декември 2009	12	1,087	1,066	0,994	1,047	1,058
Април 2010	16	1,118	1,041	1,114	1,239	1,036
Мај 2010	17	1,316	1,035	1,169	1,316	1,031
Јуни 2010	18	1,406	1,029	1,233	1,406	1,027
Јули 2010	19	1,507	1,023	1,307	1,507	1,023
Август 2010	20	1,619	1,016	1,391	1,619	1,019
Септември 2010	21	1,744	1,010	1,485	1,744	1,015

Имајќи го предвид фактот дека беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до април 2010 год. , влезниот временски период изнесуваше вкупно 11 месеци. Тренд анализата има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, што значи во овој случај максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период за наредните 5 месеци.

Во табела 30 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците што беа добиени според методот на ламели. Вредностите за  $x$  за влез имаа вредности од мај 2009 год. односно 5, па се до април 2010 год. односно 16. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени во наредните пет месеци, односно од мај 2010 год. со вредност 17 па се до септември 2010 год. со вредност 21.

И во овој случај тренд анализата се изведуваше според следниве 5 постапки.

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависноста според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 17 до 21, со чекор 1.

Во продолжение е дадено образложение за секоја постапка посебно.

- 1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 21\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ , како најсоодветни

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

регресиони анализа за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следните аналитички изрази за регресионите анализи (табела 31).

Табела 31. Добиени формули според Bishop за профилот P09 – P09'  
Table 31. Formulas derived by a Bishop for profile P09 – P09'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = -0.0062x + 1.1403$	0,0725	3
2	Полиномна од 2 степен	$y = 0.0049x^2 - 0.1072x + 1.5748$	0,5387	2
3	Полиномна од 3 степен	$y = -0.000003x^3 + 0.0059x^2 - 0.1172x + 1.6046$	0,5388	1
4	Логаритамска	$y = -0.077 \ln(x) + 1.2493$	0,1322	4

3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 31 се забележува дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.5388$ . Иако оваа вредност не е многу мала ( $R^2 < 1$ ), не може да се констатира некоја “поголема” аналитичка зависност помеѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Токму затоа оваа регресиона анализа се

усвојува како тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 31 и од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 14.

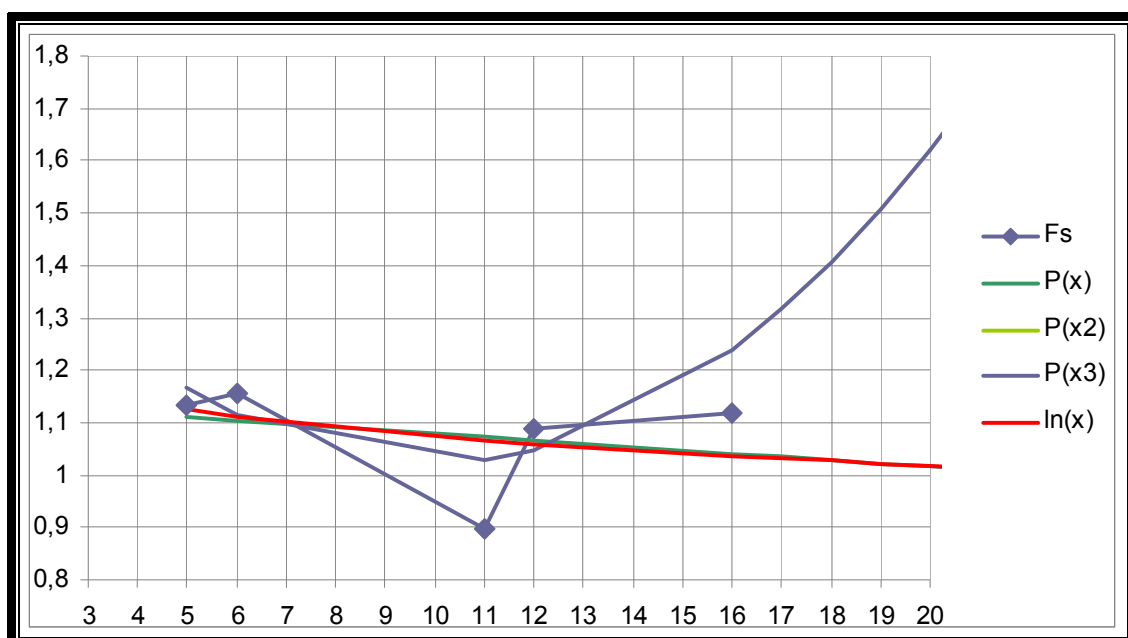


График 14. Графички приказ според методот на Bishop за профилот P09 – 09'  
Chart 14. Graphic view by method of Bishop for profile P09 – 09'

Според дијаграмот на графиконот 14, како и според податоците од табела 31 можат да се констатираат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување особено во последните два месеца на разгледување, односно јуни и јули 2010 год.,

- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од мај 2010 год. до септември 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за периодот третиран со тренд анализата се движат од 1.316 до 1.744, што значи предвидување за стабилизација на косините,
- вредностите добиени со тренд анализата во релативно мал дел се поклопуваат со вистинските вредности, добиени преку директните анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

Оттука, за овој профил, во основа, немаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови во третираниот временски период. Сепак поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , треба да се посвети поголема внимание во прифаќањето на овие информации.



**7.2.2.3.      Анализа според податоците за  $F_s$  со помош  
на методот на Janbu**

Од обработката на податоците во табела 27, како и по нивната статистичка анализа се добива следнава табела 32.

Табела 32. Влезна табела според методот на Janbu за профилот P09 – P09'  
Table 32. Input table by method of Janbu for profile P09 – P09'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,008	1,004	1,047	1,033	1,016
Јуни 2009	6	1,059	0,999	1,006	1,020	1,006
Ноември 2009	11	0,840	0,977	0,919	0,910	0,971
Декември 2009	12	0,978	0,972	0,925	0,900	0,966
Април 2010	16	1,018	0,954	1,032	1,001	0,950
Мај 2010	17	1,076	0,950	1,078	1,076	0,946
Јуни 2010	18	1,177	0,945	1,133	1,177	0,943
Јули 2010	19	1,307	0,941	1,196	1,307	0,940
Август 2010	20	1,469	0,936	1,266	1,469	0,937
Септември 2010	21	1,666	0,932	1,345	1,666	0,934

Имајќи предвид дека беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до април 2010 год., влезниот временски период изнесуваше вкупно 11 месеци. Познато е дека тренд анализата има ефект единствено ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, што значи во испитуваниот случај максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период за наредните 5 месеци.

Во табела 32 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методот на ламели. Вредностите за x за влез имаат вредности за период од мај 2009 год. односно 5, па се до април 2010 год. односно 16. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени за

наредните пет месеци, односно од мај 2010 год. со вредност 17, па се до септември 2010 год. со вредност 21.

Тренд анализата се изведува според следните 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 17 до 21, со чекор 1.

Во продолжение на овој текст е дадено образложение за секоја постапка посебно.

1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 21\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализа за тренд анализа при проценка на стабилноста на косините на откопните блокови се усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 33)

Табела 33. Добиени формули според Jambu за профилот P09 – P09'  
Table 33. Formulas derived by a Jambu for profile P09 – P09'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	R <sup>2</sup>	Ранг
1	Линеарна	$y = -0.0045x + 1.026$	0,0601	4
2	Полиномна од 2 степен	$y = 0.004x^2 - 0.0854x + 1.3742$	0,5251	2
3	Полиномна од 3 степен	$y = 0.0005x^3 - 0.0125x^2 + 0.0791x + 0.887$	0,5448	1
4	Логаритамска	$y = -0.057\ln(x) + 1.1077$	0,1133	3

- 3) Рангирање на добиените аналитички зависимости според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 32 се покажа дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.5448$ . Иако оваа вредност е многу мала ( $R^2 < 1$ ), не може да се забележи некоја “поголема” аналитичка зависност помеѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Сепак, оваа регресиона анализа се усвојува за тренд анализа при проценка за стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

- 4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21. При тоа беа добиени податоците што се дадени во табела 33, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 15.

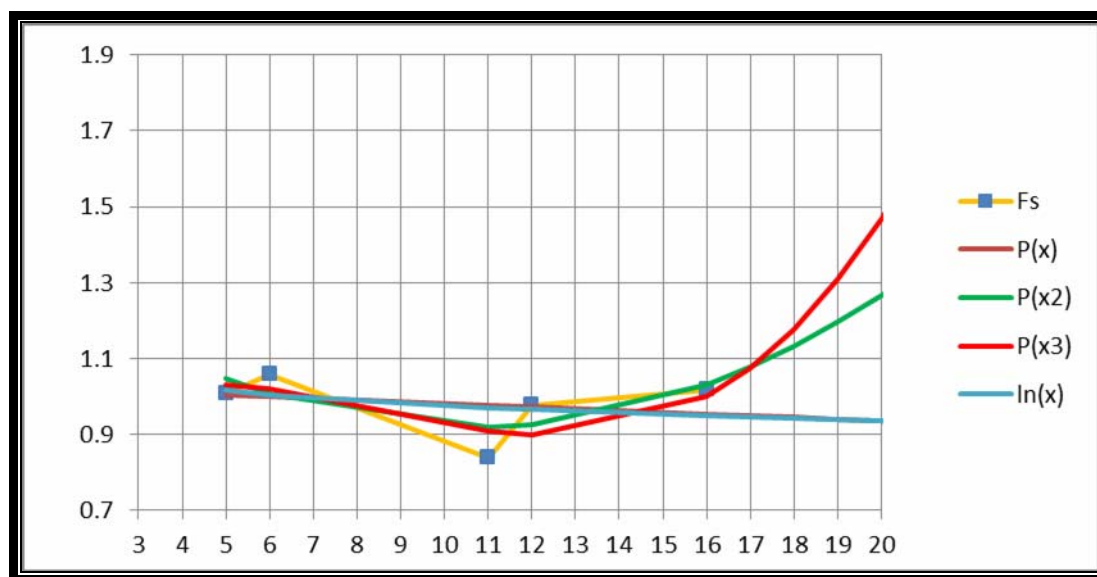


График 15. Графички приказ според методот на Jambu за профилот P09 – P09'  
Chart 15. Graphic view by method of Jambu for profile P09 – P09'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 17 до 21, со чекор 1

Според дијаграмот на графиконот 15, како и според податоците од табела 32 може да се констатираат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа која има побрз тренд на зголемување, особено во последните три месеца на испитување, односно мај, јуни и јули 2010 год.,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од мај 2009 год. до април 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за третираниот период третиран со тренд анализата се движат од 1.076 до 1.666, што значи се предвидуваше стабилизација на косините,

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

- вредностите добиени со тренд анализата во релативно мал дел се поклопуваат со вистинските вредности добиени преку директните анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,  
Во таа смисла, за овој профил во основа, немаше потреба од предвидување некои посебни мерки за стабилизација на откопните блокови во третиралиот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , слично како и кај претходниот модел, треба со поголема внимателност да се прифаќаат на овие информации.

**7.2.2.4.      Анализа според податоците за  $F_s$  со помош  
на методот на Spencer**

Од обработката на податоците во табела 27, како од нивната статистичка анализа се доби следнава табела 34.

Табела 34. Влезна табела според методот на Spencer за профилот P09 – P09'  
Table 34. Input table by method of Spencer for profile P09 – P09'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,172	1,119	1,216	1,232	1,149
Јуни 2009	6	1,189	1,106	1,119	1,101	1,120
Ноември 2009	11	0,714	1,040	0,901	0,905	1,025
Декември 2009	12	1,082	1,027	0,911	0,933	1,011
Април 2010	16	1,109	0,974	1,129	1,150	0,965
Мај 2010	17	1,212	0,961	1,228	1,212	0,956
Јуни 2010	18	1,270	0,948	1,344	1,270	0,947
Јули 2010	19	1,320	0,935	1,479	1,320	0,938
Август 2010	20	1,360	0,921	1,631	1,360	0,930
Септември 2010	21	1,384	0,908	1,801	1,384	0,922

Имајќи предвид дека беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до април 2010 год., влезниот временски период изнесуваше вкупно

11 месеци. Тренд анализата има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третирањето, што значи во овој случај максимум до наредните 5,5 месеци, односно во анализата беше усвоен период од последователни 5 месеци.

Во табела 34 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методот на ламели. Вредностите за  $x$  за влез имаат вредности за мај 2009 год., односно 5, па се до април 2010 год. , односно 16. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени за наредните пет месеци, односно од мај 2010 год. , со вредност 17 па се до септември 2010 год. со вредност 21.

И овде тренд анализата се изведуваше според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 17 до 21 , со чекор 1.

Во продолжение на овој текст е дадено образложение за секоја постапка посебно.

1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 21\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализа за тренд анализа при проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно.

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следнибе аналитички изрази за регресионите анализи (табела 35)

Табела 35. Добиени формули според Spencer за профилот P09 – P09'  
Table 35. Formulas derived by a Spencer for profile P09 – P09'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = -0.0132x + 1.1854$	0,0946	
2	Полиномна од 2 степен	$y = 0.0089x^2 - 0.1948x + 1.9671$	0,5285	
3	Полиномна од 3 степен	$y = -0.0006x^3 + 0.0286x^2 - 0.3915x + 2.5497$	0,5337	
4	Логаритамска	$y = -0.158\ln(x) + 1.4035$	0,1595	

3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Од рангирањето во табела 35 се гледа дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.5337$ . Иако оваа вредност е многу мала ( $R^2 < 1$ ), т.е. не може да се констатира некоја “поголема” аналитичка зависност помеѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Но, сепак, оваа регресиона анализа се усвојува како тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 21. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 35, а од нив се дооформи дијаграмот што е прикажан на графиконот 16.

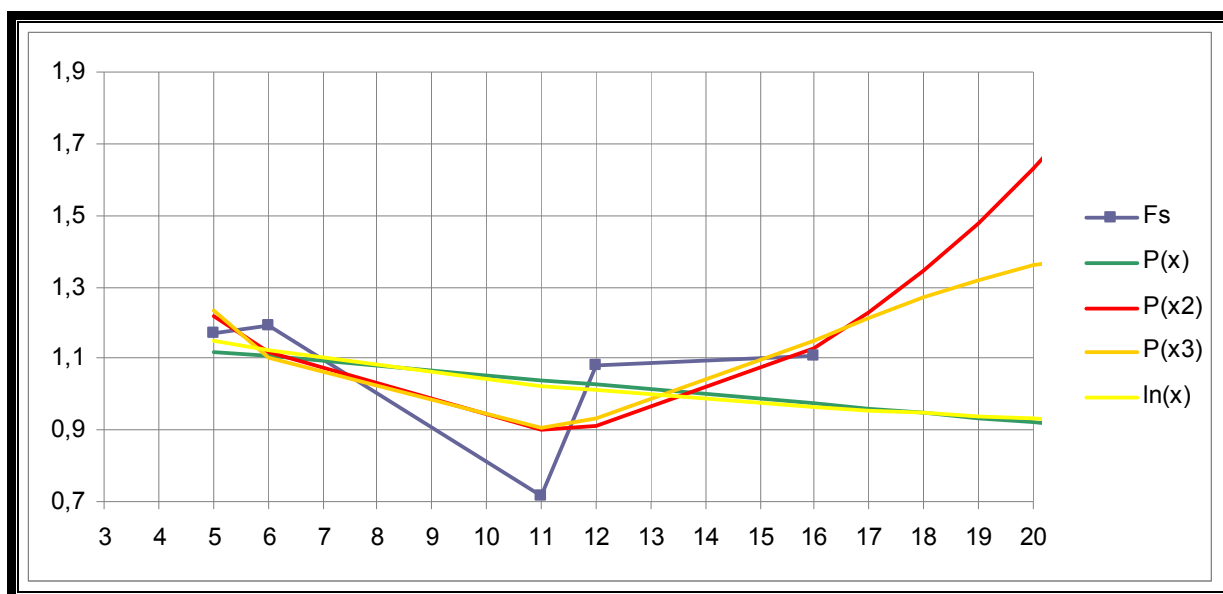


График 16. Графички приказ според метод на Spencer за профилот P09 – P09'  
Chart 16. Graphic view by method of Spencer for profile P09 – P09'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 17 до 21, со чекор 1

Според дијаграмот што е прикажан на графиконот 16, и според податоците од табела 34 може да се извлечат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување, и тоа особено во последните три месеца на испитувањето, односно мај, јуни и јули 2010 година,



- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од мај 2009 год. до април 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за третируваниот периодот со тренд анализата се движат од 1.212 до 1.384, што значи е потребно предвидување за стабилизација на косините,
- вредностите добиени со тренд анализата во релативно мал дел, се поклопуваат со вистинските вредности, добиени преку директните анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,
- Оттука може да се каже дека за овој профил, во основа, немаше потреба од предвидување на некои посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третируваниот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , слично како и кај претходниот модел, и обие информации треба да се прифаќаат со поголема внимателност.

### 7.2.3. ПРОФИЛ 53 – 53’

Следниот профил, што беше земен за анализа како покарактеристичен во овој период е профилот 53 – 53’. Овој профил беше анализиран петпати во текот на периодот, а тоа е целта на оваа магистерска работа. Профилот беше анализиран во месеците мај 2009, јуни 2009, септември 2009, декември 2009 и февруари 2010 год. така што влезните параметри за натамошната анализа на овој профил 53 - 53’ можат да се видат од табела 36. Од оваа табела произлезе втората табела 37 со податоците од анализата според сите методи.

Табела 36. Најниски коефициенти на стабилност за профилот 53 – 53’  
Table 36. Lowest coefficients of stability to profile 53 – 53’

Месец	Мај 2009	Јуни 2009	Септември 2009	Декември 2009	Февруари 2010
Ред. бр.	5	6	9	12	14
Метода	Fs	Fs	Fs	Fs	Fs
Lameli	1,038	1,007	1,188	1,192	1,182
Bishop	1,077	1,225	1,792	1,361	1,319
Janbu	1,033	1,006	1,613	1,203	1,216
Spencer	1,085	1,226	1,725	1,44	1,474

Табела 37. Влезна табела за профилот 53 – 53’  
Table 37. Input table for profile 53 – 53’

Месец	X	Метод			
		Lameli	Bishop	Janbu	Spencer
		Fs	Fs	Fs	Fs
Мај 2009	5	1,038	1,077	1,033	1,085
Јуни 2009	6	1,007	1,225	1,006	1,226
Септември 2009	9	1,188	1,792	1,613	1,725
Декември 2009	12	1,192	1,361	1,203	1,44
Февруари 2010	14	1,182	1,319	1,216	1,474
MIN		1,007	1,077	1,006	1,085
MAX		1,192	1,792	1,613	1,725
$X_{sr}$		1,1214	1,3548	1,214	1,390
$\sigma$		0,091	0,268	0,243	0,246

### 7.2.3.1.      **Анализа според податоците за $F_s$ со помош на методот на ламели**

По обработката на податоците во табелата 37, како и по нивната статистичка анализа беше изведена следната табела 38:

Табела 38. Влезна табела според методот на ламели за профилот 53 – 53'  
Table 38. Input table by method of plate for profile 53 – 53'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,038	1,037	1,005	1,019	1,023
Јуни 2009	6	1,007	1,057	1,056	1,053	1,056
Септември 2009	9	1,188	1,118	1,161	1,177	1,131
Декември 2009	12	1,192	1,179	1,193	1,262	1,184
Февруари 2010	14	1,182	1,219	1,175	1,248	1,212
Март 2010	15	1,209	1,240	1,154	1,209	1,225
Април 2010	16	1,145	1,260	1,125	1,145	1,237
Мај 2010	17	1,051	1,280	1,088	1,051	1,248
Јуни 2010	18	0,923	1,300	1,043	0,923	1,259
Јули 2010	19	0,759	1,321	0,990	0,759	1,269

Бидејќи беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до февруари 2010 год., влезниот временски период изнесуваше вкупно 10 месеци. Тренд анализата има ефект единствено ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третиралиот, што значи во овој случај максимум до наредните 5,0 месеци, односно во анализата беше усвоен период од последователни 5 месеци.

Во табела 38 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методата на ламели. Вредностите за x за влез имаат вредности од месец мај 2009 год. односно 5, па се до февруари 2010 год. односно 14. Тоа значи дека тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа

усвоени за наредните пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15, па се до јули 2010 год. со вредност 19.

Тренд анализата и овде се изведува според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Натаму е дадено образложение за секоја постапка посебно.

1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализа за тренд анализа при проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

- 2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 39)

- 3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Табела 39. Добиени формули според методот на ламели за профилот 53 – 53'  
Table 39. Formulas derived by a method of plate for profile 53 – 53'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = 0.0203x + 0.935$	0,7288	4
2	Полиномна од 2 степен	$y = -0.004x^2 + 0.0949x + 0.6304$	0,8735	2
3	Полиномна од 3 степен	$y = -0.0006x^3 + 0.014x^2 - 0.066x + 1.0743$	0,891	1
4	Логаритамска	$y = 0.1841\ln(x) + 0.7266$	0,7917	3

Според рангирањето во табела 39 се гледа дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.891$ . Оваа вредност е приближна до 1 ( $R^2 < 1$ ), и оттука може да се констатира дека постои некоја “поголема” аналитичка зависност меѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Оваа регресиона анализа се усвојува за тренд анализа при проценка на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

- 4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19. При тоа беа добиени податоците што се дадени во табела 39, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 17.

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

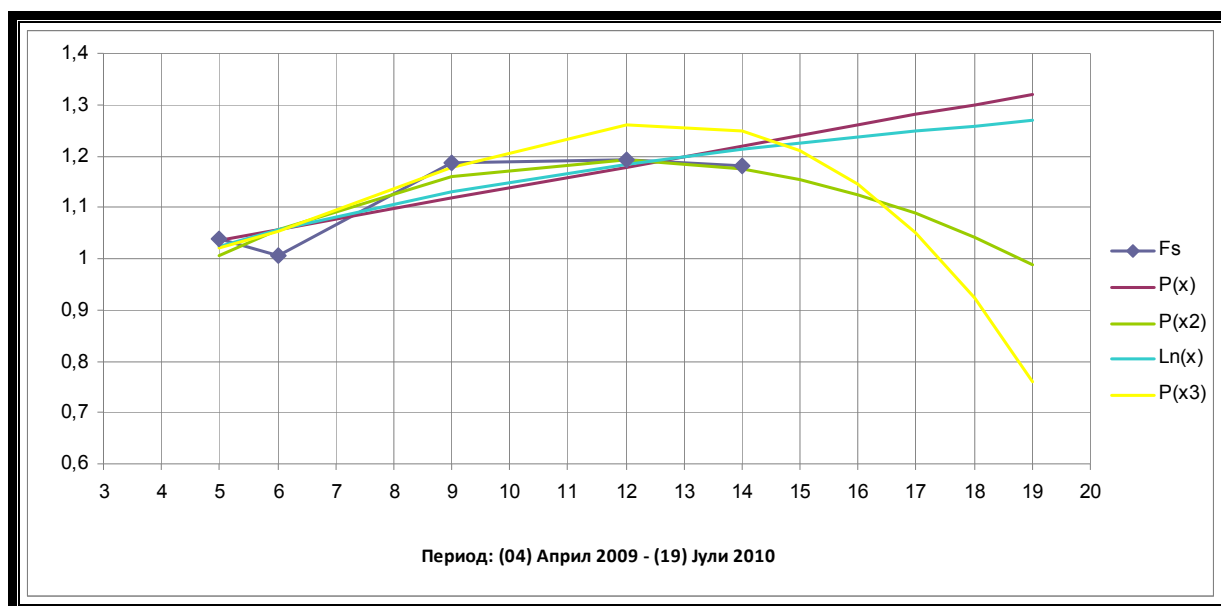


График 17. Графички приказ според методот на ламели за профилот 53 – 53'  
Chart 17. Graphic view by method of plates for profile 53 – 53'

### 5) Анализирање на вредностите за $x$ од 15 до 19, со чекор 1

Според дијаграмот, што е прикажан на графиконот 17, како и според податоците од табела 38 можат да се констатираат следниве заклучоци:

- двете регресиони анализи ( полиномната трет степен и логаритамската) имаат ист тренд за големо намалување, на коефициентот на сигурност,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од март 2010 год. до јули 2010 год. , покажуваат голем пад на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за третираниот периодот со тренд анализата се движат од 1.209 до 0.759, а тоа значи се предвидува на стабилизација на косините, бидејќи има многу мал

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

коефициент на стабилност и треба де се преземат соодветни мерки за стабилизација,

- вредностите добиени со тренд анализата, во голема мера се поклопуваат со вистинските, што се добиени со директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

Имено, за овој профил имаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третираниот временски период.

**7.2.3.2.      Анализа според податоците за  $F_s$  со помош  
на методот на Bishop**

По обработувањето на податоците од табела 37 како и по нивната статистичка анализа се добива следната табела 40:

Табела 40. Влезна табела според методот на Bishop за профилот 53 – 53'  
Table 40. Input table by method of Bishop for profile 53 – 53'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,077	1,259	1,068	1,005	1,215
Јуни 2009	6	1,225	1,282	1,284	1,364	1,263
Септември 2009	9	1,792	1,350	1,637	1,708	1,368
Декември 2009	12	1,361	1,419	1,544	1,489	1,443
Февруари 2010	14	1,319	1,464	1,233	1,376	1,484
Март 2010	15	1,406	1,487	1,004	1,406	1,502
Април 2010	16	1,528	1,510	0,724	1,528	1,518
Мај 2010	17	1,769	1,533	0,396	1,769	1,534
Јуни 2010	18	2,154	1,556	0,017	2,154	1,549
Јули 2010	19	2,709	1,578	0,000	2,709	1,563

Имајќи предвид дека беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до февруари 2010 год. , се забележува дека влезниот временски

период изнесува вкупно 10 месеци. Тренд анализата секогаш има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третирањето, што значи во овој случај максимум за наредните 5,0 месеци, односно во оваа анализата се разгледуваа период од наредни 5 месеци.

Во табела 40 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методот на ламели. Вредностите за  $x$  за влез ги имаат следниве вредности од мај 2009 год. односно 5, па се до февруари 2010 год. односно 14. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени за наредни пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15 па се до јули 2010 год. со вредност 19.

И овде тренд анализата се изведуваше според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависимости според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Во продолжение на овој текст е изнесено образложение за секоја постапка посебно.

- 1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоци, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони



**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

анализа за тренд анализа при проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 41)

Табела 41. Добиени формули според Bishop за профилот 53 – 53'  
Table 41. Formulas derived by a Bishop for profile 53 – 53'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = 0.0228x + 1.1451$	0,1066	4
2	Полиномна од 2 степен	$y = -0.0248x^2 + 0.4896x - 0.7604$	0,7617	2
3	Полиномна од 3 степен	$y = 0.0043x^3 - 0.1473x^2 + 1.5886x - 3.7932$	0,8556	1
4	Логаритамска	$y = 0.2608\ln(x) + 0.7954$	0,1838	3

3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 41 се гледа дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.8556$ . Оваа вредност е приближна до 1 ( $R^2 < 1$ ), така што може да се констатира “поголема” аналитичка зависност меѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Токму затоа оваа регресиона анализа беше усвоена за тренд анализа при проценката на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 41, а од нив се дооформи дијаграмот на графиконот 18.

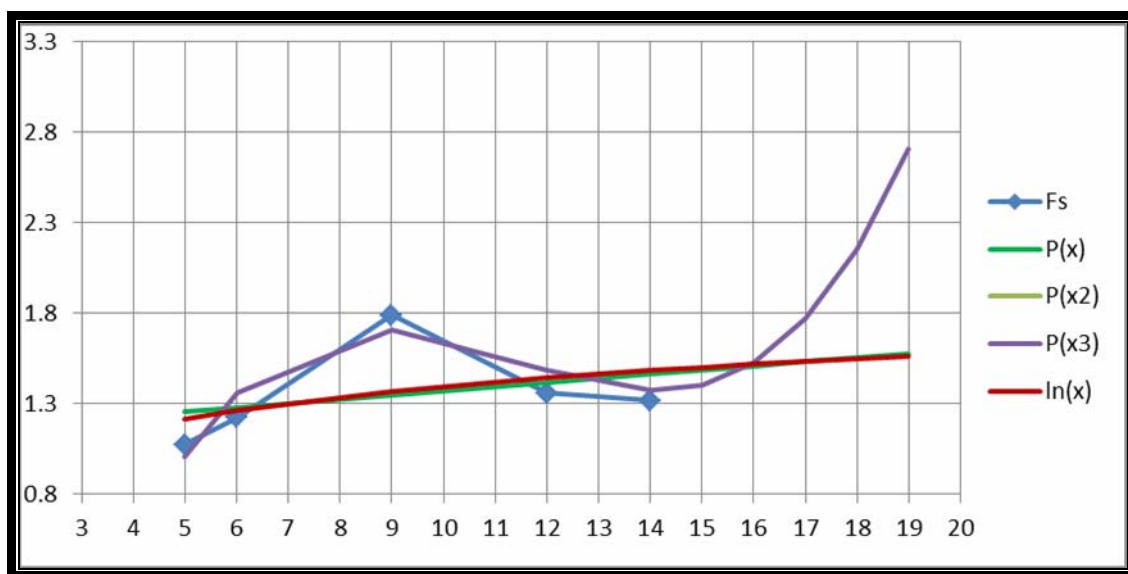


График 18. Графички приказ според методот на Bishop за профилот 53 – 53'  
Chart 18. Graphic view by method of Bishop for profile 53 – 53'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1

Од дијаграмот на графиконот 18, како и од податоците од табела 41 можат да се констатираат неколку заклучоци и тоа:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување, особено во последните два месеца на испитување, односно јуни и јули 2010 год.,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,

- податоците од тренд анализата за планираниот период од март 2010 год. до јули 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за испитуваниот периодот со тренд анализата се движат од 1.406 до 2.709, што подразбира предвидување стабилизација на косините,
- вредностите, добиени со тренд анализата, во релативно мал дел се поклопуваат со вистинските вредности, добиени преку директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

Во тој контекст, за овој профил, во основа, немаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови во третираниот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , натаму треба поголема внимателност при прифаќањето на овие информации.

### 7.2.3.3.      Анализа според податоците за $F_s$ со помош на методот на Janbu

По обработување на податоците во Табела 37 како и нивна статистичка анализа се добива следната табела 42.

Табела 42. Влезна табела според методот на Janbu за профилот 53 – 53'  
Table 42. Input table by method of Janbu for profile 53 – 53'

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,033	1,119	0,971	0,930	1,084
Јуни 2009	6	1,006	1,142	1,146	1,194	1,128
Септември 2009	9	1,613	1,209	1,438	1,476	1,227
Декември 2009	12	1,203	1,277	1,382	1,330	1,297
Февруари 2010	14	1,216	1,322	1,150	1,213	1,335
Март 2010	15	1,196	1,344	0,976	1,196	1,351
Април 2010	16	1,229	1,367	0,763	1,229	1,367
Мај 2010	17	1,328	1,389	0,511	1,328	1,382
Јуни 2010	18	1,510	1,412	0,221	1,510	1,396
Јули 2010	19	1,790	1,434	0,000	1,790	1,409

Ако се земе предвид дека беше анализиран временски период од мај 2009 год. до февруари 2010 год. , се гледа дека влезниот временски период изнесува вкупно 10 месеци. Тренд анализата има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третирањето, што значи и во овој случај максимум до наредни е 5,0 месеци, односно при анализата беше усвоен период од последователни 5 месеци.

Во табела 42 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методот на ламели. Вредностите за x за влез имаат вредности во мај 2009 год. односно 5, па се до февруари 2010 год. односно 14. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени во наредните

пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15, па се до јули 2010 год. со вредност 19.

Тренд анализата и во овој случај се изведуваше според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1.

Во продолжение дадено е образложение за секоја постапка посебно:

1) Избор на регресиона анализа

Земајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ ), како најсоодветни регресиони анализа за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

- 2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 43)

Табела 43. Добиени формули според Jambu за профилот 53 – 53'  
Table 43. Formulas derived by a Jambu for profile 53 – 53'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = 0.0225x + 1.0069$	0,1268	4
2	Полиномна од 2 степен	$y = -0.0194x^2 + 0.3885x - 0.4869$	0,6169	2
3	Полиномна од 3 степен	$y = 0.0027x^3 - 0.0966x^2 + 1.0811x - 2.398$	0,6625	1
4	Логаритамска	$y = 0.2435\ln(x) + 0.6919$	0,1951	3

- 3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 42 се забележува дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.6625$ . Иако оваа вредност е мала ( $R^2 < 1$ ), може да се констатира дека има некоја “поголема” аналитичка зависност меѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Затоа оваа регресиона анализа беше усвоена за тренд анализа за проценка на стабилноста на косините на откопните блокови кај овој профил.

- 4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.

Од аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 43, а од нив се дооформи дијаграмот што е прикажан на графиконот 19.

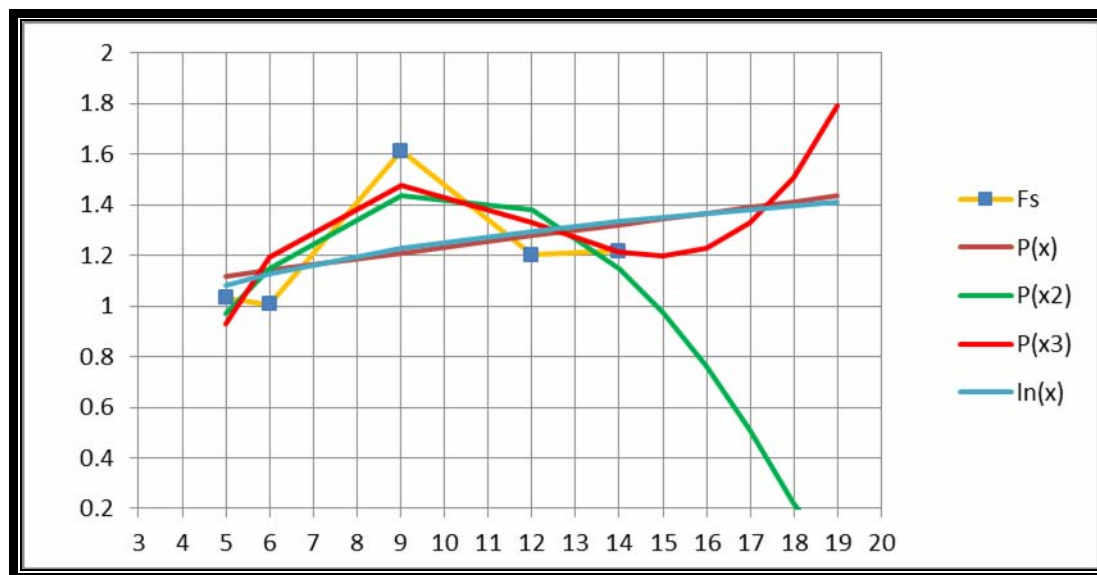


График 19. Графички приказ според методот на Jambu за профилот 53 – 53'  
Chart 19. Graphic view by method of Jambu for profile 53 – 53'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1

Според дијаграмот даден на графиконот 19, како и според податоците од табела 42 можат да се извлечат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување, особено во последните два месеца на разгледување, односно јуни и јули 2010 год.,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,
- податоците од тренд анализата за планираниот период од мај 2010 год. до февруари 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за третираниот период со тренд анализата се движат од 1.196 до 1.790, а тоа значи се предвидува на стабилизација на косините,

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

- вредностите добиени со тренд анализата во релативно мал дел се поклопуваат со реалните вредности што се добиени со директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,  
Оттука, за овој профил, во основа, немаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови во третираниот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , слично како и кај преходниот модел, и овде е потребна поголема внимателност при прифаќањето на информациите.

**7.2.3.4.      Анализа според податоците за  $F_s$  со помош  
на методот на Spencer**

По обработката на податоците од табела 37, како и по нивната статистичка анализа се добива следната табела 44.

Табела 44. Влезна табела според методот на Spencer за профилот 53 – 53’  
Table 44. Input table by method of Spencer for profile 53 – 53’

Месец	x	$F_s$	y			
			P(x)	P(x <sup>2</sup> )	P(x <sup>3</sup> )	ln(x)
Мај 2009	5	1,085	1,227	1,083	1,025	1,184
Јуни 2009	6	1,226	1,266	1,268	1,332	1,255
Септември 2009	9	1,725	1,382	1,600	1,642	1,410
Декември 2009	12	1,44	1,499	1,595	1,501	1,521
Февруари 2010	14	1,474	1,576	1,405	1,454	1,580
Март 2010	15	1,510	1,615	1,254	1,510	1,606
Април 2010	16	1,650	1,654	1,065	1,650	1,631
Мај 2010	17	1,895	1,693	0,839	1,895	1,655
Јуни 2010	18	2,268	1,731	0,576	2,268	1,676
Јули 2010	19	2,791	1,770	0,275	2,791	1,697



Имајќи предвид дека беше анализиран временскиот период од мај 2009 год. до јули 2010 год. ,се гледа дека влезниот временски период е вкупно 10 месеци. Тренд анализата има ефект само ако се прави за период до  $\frac{1}{2}$  од третираниот, а тоа максимум до наредните 5,0 месеци, односно во анализата е усвоен период од последователни 5 месеци.

Во табела 44 е дадена подготвениот влез за анализа на податоците добиени според методата на ламели. Вредностите за  $x$  за влез имаат вредности 5 за Мај 2009 год. , па се до февруари 2010 год. кога изнесуваат 14. Тренд анализираните вредности за факторот на сигурност беа усвоени за наредните пет месеци, односно од март 2010 год. со вредност 15, па се до јули 2010 год. со вредност 19.

И овде тренд анализата се изведуваше според следниве 5 постапки:

- 1) избор на регресиони анализи;
- 2) утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно;
- 3) рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$ ;
- 4) пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.
- 5) анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19 , со чекор 1.

Натаму е дадено образложение за секоја постапка посебно:

- 1) Избор на регресиона анализа

Имајќи го предвид карактерот на дискретната функција  $F_s = f(x)$ , бројот на податоците, дефинираната област на функцијата ( $D.O. \in N = \{5, 6, \dots, 19\}$ ) и вредноста на функцијата ( $V_f \in R = \{0.0, \dots, 2.0\}$ , како најсоодветни

## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

регресиони анализа за тренд анализа при проценка на стабилноста на косините на откопните блокови беа усвоени:

- линеарна,  $y = ax + b$ ;
- полиномна од 2 степен,  $y = ax^2 + bx + c$ ;
- полиномна од 3 степен,  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ;
- логаритамска,  $y = a \ln(x) + b$ .

2) Утврдување на аналитичката зависност и вредноста на  $R^2$  за секоја регресиона анализа посебно

Според анализата направена во MS Excel, беа добиени следниве аналитички изрази за регресионите анализи (табела 45)

Табела 45. Добиени формули според Spencer за профилот 53 – 53'  
Table 45. Formulas derived by a Spencer for profile 53 – 53'

Ред. бр.	Регресиона анализа	Формула	$R^2$	Ранг
1	Линеарна	$y = 0.0388x + 1.033$	0,3664	4
2	Полиномна од 2 степен	$y = -0.0187x^2 + 0.3911x - 0.4051$	0,8086	2
3	Полиномна од 3 степен	$y = 0.0037x^3 - 0.1249x^2 + 1.344x - 3.0347$	0,8927	1
4	Логаритамска	$y = 0.3841\ln(x) + 0.5663$	0,4724	3

3) Рангирање на добиените аналитички зависности според вредноста на  $R^2$

Според рангирањето во табела 45 се забележува дека полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ , односно  $R^2 = 0.8927$ . Оваа вредност е блиска до 1 ( $R^2 < 1$ ), па може да се констатира “поголема” аналитичка зависност меѓу планираниот фактор на сигурност и времето. Оваа регресиона анализа беше усвоена како тренд анализа при проценката на стабилноста на косините на откопните блокови на овој профил.

4) Пресметка на вредностите за  $y=f(x)$  за вредности на  $x$  од 5 до 19.

Врз основа на аналитичките изрази за регресионите анализи се изврши пресметка на вредностите за  $y = f(x)$  како вредности на  $x$  од 5 до 19. Притоа беа добиени податоците што се дадени во табела 45, а од нив се оформи дијаграмот на графиконот 20.

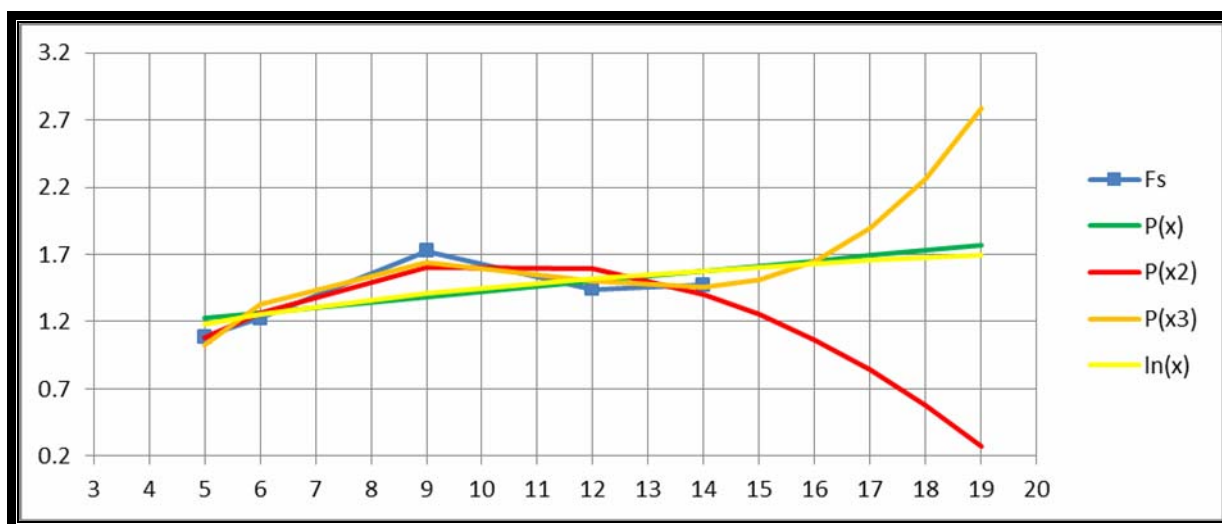


График 20. Графички приказ според методот на Spencer за профилот P53 – 53'  
Chart 20. Graphic view by method of Spencer for profile P53 – 53'

5) Анализирање на вредностите за  $x$  од 15 до 19, со чекор 1

Според дијаграмот на графиконот 20, но и според податоците од табела 44 можат да се сумираат следниве заклучоци:

- трите регресиони анализи имаат ист тренд на благо зголемување, но се разликува само полиномата од 3 степен регресиона анализа што има побрз тренд на зголемување, особено во последните три месеца на испитување, односно мај, јуни и јули 2010 год.,
- полиномната од 3 степен (кубна) регресиона анализа има најголема вредност за  $R^2$ ,

- податоците од тренд анализата за планираниот период од мај 2010 год. до февруари 2010 год. покажуваат раст на предвидениот фактор на сигурност,
- вредностите на факторот на сигурност за испитуваниот периодот со тренд анализата се движат од 1.510 до 2.791, што значеше предвидување на стабилизација на косините,
- вредностите добиени со тренд анализата во релативно мал дел, се поклопуваат со оние од реалноста, т.е. оние добиени со директни анализи на стабилностите на косините на откопните блокови,

Во таа смисла, за овој профил, во основа, немаше потреба од предвидување посебни мерки за стабилизација на откопните блокови за третираниот временски период. Сепак, поради малата вредност на коефициентот на корелација  $R^2$ , слично како и кај претходниот модел, и овде треба поголема внимателност при прифаќањето на овие информации.

## **8. МЕРКИ ЗА СТАБИЛИЗАЦИЈА НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ**

Мерките за стабилизација на работните косини мора да бидат определени со секоја извршена анализа и во зависност од резултатите треба да се изберат оние мерки што ќе се преземат од еден до друг случај за да се стабилизира состојбата според пресметките од извршената анализата за секој конкретниот месец.

Мерките за стабилизација, на работните средини според природата на работата, можат да се поделат во повеќе групи односно:

- **хидрогеолошки мерки**
- **геометриски - технолошки мерки**
- **рударско - технолошки мерки**

## 8.1. ХИДРОГЕОЛОШКИ МЕРКИ

**Хидрогеолошките мерки** што треба да се преземат за заштита на ПЕ „Рудници“ од води можат да се обработат на различен и пообеман начин, но тоа не е основна цел на оваа магистерска работа. Сепак дел од тие мерки се однесуваат на стабилизацијата на работните косини, па затоа ќе бидат наброени најважните од нив што треба да се имаат во предвид за нормално работење на багерските единици. Имено тие мерки се:

- заштита на копот од прилив на атмосферски води и тоа приближно од 920 литри вода на годишно ниво, колку што изнесуваат просечните годишни врнежи за овој регион. Мерките што треба да се преземат за заштита од овој вид прилив на вода се однесуваат на:
  - изработка на заштитен граничен канал околу рудникот што ќе ги прифаќа атмосферските води и ќе ги спроведува до централниот водособирник.
  - изработка на етажни канали и водособирници на секој етаж а тие канали ќе ја прифаќаат атмосферската вода и ќе ја спроведуваат во етажните водособирници, така што потоа со пумпи водата ќе се спроведува или до централниот водособирник, или ќе се испумпува надвор од копот;
- заштита на копот од подземни води, а за да се изведе оваа операција во практични услови ќе мора редовно да се следи нивото на подземна вода што може да се контролира со направени дупнатини и со поставување мерачи на нивото на подземната вода (пиезометри) со кои што редовно ќе се следи состојбата на нивото на подземните води. Намалувањето на нивото на подземните води се врши со пумпи за испумпување на

тие води, а пумпите се монтираат во дупнатините, додека пак водата ја испумпуваат во централниот водособирник;

- редовно испумпување и следење на состојбата и нивото на централниот водособирник за да биде подготвен да ја прими доволната количина вода што е можно да се очекува со секој дожд.

Редовно пополнување на пукнатините со материјал за да не дојде до навлегување вода во самите пукнатини, а со тоа и поинтезивно ширење на пукнатините. На слика 8 може убаво да се види како водата продира во пукнатините и доаѓа до средината на етажа, а со тоа и коефициентот на стабилност се намалува, односно ризикот од појава на пукнатини на тоа место е поголема.



Слика 8. Пробивање на вода по бочните косини  
Figure 8. Water breakthrough by side slopes

Одржување на нивото на подземна вода на ниско ниво е многу важна мерка за стабилност на косините, бидејќи односот на нивото на подземна вода со коефициентот на сигурност е обратнопропорционален, што значи дека колку

нивото на подземна вода е поголемо, толку коефициентот на стабилност е помал, и обратно, колку нивото на подземна вода е помало, толку коефициентот на сигурност е поголем.

## **8.2. ГЕОМЕТРИСКО - ТЕХНОЛОШКИ МЕРКИ**

**Геометриско технолошките мерки** за стабилизација на косините во секој рудник можат да се поделат на следниов начин:

- внимавање параметрите на блокот да бидат во границите на нормалното, а тие параметри се:
  - **височина на блокот** - предвидената височина на етажата е главен предуслов за стабилноста на косината. Ако постојат случаи каде што височината е поголема од пропишаната за определена багерска единица, тогаш и нарушувањата на етажот можат да бидат поголеми. Оттука, еден од најглавните услови за стабилноста на косините е височината на етажот и придржувањето кон пропишаната височина, во зависност од тоа за кој багер се работи;
  - **широчината на блокот** - исто така, еден предуслов за стабилни косини, што е најмногу изразен во случаите кога има висок етаж е недоволната широчина, па опасноста од рушење на материјалот е поголема;
  - **бројот на резови на блокот** - ова е параметар што е важен кога има услови за формирање повеќе резови, а ракувачот на багерската единица работи со помалку резови. Во повеќето случаи се работи со четири резови на блокот, па доколку се случи да се работи со три, тогаш автоматски и бочниот и челниот агол на косината се поголеми, а коефициентот на сигурност е помала. Затоа, колку реза треба да има секој етаж



постои емпириска формула според височината на етажот и пречникот на работното тркало. Искуството покажува дека оваа височина на резот е околу  $3/4$  четвртини од дијаметарот на работното тркало за сигурна работа на багерската единица;

- внимавање на вредностите на сигурносните агли, т.е.
  - **бочниот агол на косината** - овој агол најмногу зависи од работната средина во којашто се дејствува. Имено, ако материјалот е покомпактен и поцврст тогаш има поголем бочен агол на работната косина и може да се формира косината што е определена од овие параметри. Внимавањето на вредностите на овој агол е од големо значење за стабилноста на косините, особено кај различни средини;
  - **челниот агол на косината** - овој агол, исто така, зависи од работната средина и се разликува кај секоја работна средина, но без разлика овој агол мора да биде во рамките на предвидените вредности за да постои сигурност во стабилноста на косините;
  - **етажниот агол** - етажниот агол е во директна зависност од претходните два агла, т.е. бочниот и челниот агол, а исто така и од височината, односно широчината на етажата

Генералниот агол на копот претставува склоп од сите параметри на секој блок и плус растојанието меѓу етажите и бројот на етажите. Тој, исто така, генерално, мора да се почитува за нормална и стабилна работа на системите, т.е. за стабилноста на косините.



Слика 9. Приказ на бочна косина со агол поголем од дозволеното  
Figure 9. Lateral view of the slope angle greater than allowed

На слика 9 се гледа една состојба на блок што не е придржувано кон предвидените вредностите на бочниот агол на етажата, а во случајов тоа е бочниот агол што е поголем од предвидениот за  $55^{\circ}$  до  $60^{\circ}$ . Оттука и ризикот за нарушување на стабилноста на етажата се зголемува.

### 8.3. РУДАРСКО - ТЕХНОЛОШКИ МЕРКИ

Рударско - технолошките мерки за стабиност на косините се следниве:

- намалување на височините на етажите, оваа мерка може да се презема на повеќе начини, и тоа со помошна механизација (булдожери и ровокопачи), потоа со основната дисконтинуирана механизација (багери Дреглајни) и со растоварување преку ископ на материјалот со дисконтинуиран начин на експлоатација (камиони и ровокопчи);
- растеретување на местата каде што се лоцирани пукнатини, исто така, со помош на опрема за дисконтинуирана експлоатација (камиони и ровокопачи), при што се отстранува материјалот кој е вишок или го блокира работењето
- растеретување на контактните зони каде, што обично, залегнувањето на слоевите е многу пострмно, па опасноста од рушење е поголема.

#### 8.4. ГЕОЛОШКО - ИНЖЕНЕРСКИ МЕРКИ

Овие мерки се основниот почетен показател за појава на пукнатини, така што тие можат да се поделат на:

- редовен мониторинг на теренот, при што следи појавувањето на пукнатините, а тоа го прави геолошката служба,
- мерење на појавените пукнатини за да се добие сознание за интензитетот на движењето и правецот на движење на масите,
- картографско следење на системот на пукнатините, со што се добиваат резултати за целото лежиште и системот на пукнатините (доколку такви постојат).



Слика 10. Начин на следење на пукнатина  
Figure 10. Method of monitoring the crack

## 9. ДИСКУСИЈА

Сите извршени анализи на трите профили (49-49', P09-P09' и 53-53') покажуваат дека постои можност за определување, т.е. предвидување на коефициентот на сигурност за наредни пет до шест месеци, и ако се споредат предвидените коефициенти со веќе реалните коефициенти на сигурност, се доаѓа до точност и до 90%, што е многу висок процент. Со ова се докажува дека целта на оваа магистерска работа е оправдана, зашто се добиваат некои резултати што можат да се користат во процесот на производство.

Од сите изнесени податоци, заедно со технологијата за развој на ПК „Суводол“ за секои шест месеци, можат да се добиваат резултати за развој на копот, т.е. за избегнување различни несигурни ситуации и активности, а со тоа се создаваат услови за многу посигурна работа на рудникот „Суводол“.

Од генералниот пресек на сите анализирани профили според различни методи за определување на коефициентите на сигурност се издвојуваат следниве сознанија што можат да бидат предмет и тема на натамошна дискусија.

**Профилот 49 - 49'** - Генерално, може да се констатира дека со извршената тренд анализата се добија информации дека работните косини на откопните блокови овој профил (49 - 49') во периодот на предвидените 5 месеци биле во основа, стабилни. Според сите направени анализи се добиваат резултати за предвидените коефициенти на сигурност што релативно се со тенденција на растење, а тоа е знак дека не е потребно предвидување на некои посебни мерки и постапки за стабилизација на овој профил.

**Профилот P09 - 09'** - Генерално, и овде може да се констатира дека со тренд анализата се добиваат информации дека работните косини на откопните блокови на овој профил (P09-P09') во периодот од предвидените 5 месеци биле во основа, стабилни. Но, заради намалување на коефициентот на сигурност кај одделни анализи, сепак е потребно да се преземат определени мерки и постапки за негова стабилизација за да не дојде до несакани ситуации и последици што би предизвикале штети на машините и опасност за работниците во рудникот „Суводол“.

**За профилот 53-53'**, може да се констатира дека со тренд анализата се добиваат информации што укажуваат на тоа дека работните косини на

откопните блокови кај овој профил (53-53') во периодот од предвидените 5 месеци биле во основа, стабилни. Испитувањето според методот на ламели покажува намалување на коефициентот на сигурност од 1,209 до 0,759 ,но другите три метода на испитување на коефициентот на сигурност покажуваат многу големо зголемување на коефициентот на сигурност, така што мора да се заклучи оти не е потребно да се преземаат посебни мерки за стабилизација на овој профил.

Од изнесените елаборации може да се заклучи дека постои големо поле за натамошно испитување и следење на сите движења на коефициентот на сигурност. Натамошните анализи би придонеле за нови сознанија и информации што би се користеле во различни ситуации од функционирањето на рудникот „Суводол“.



## 10. ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ ЗА НАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА

Основните цели на магистерската работа во целост се исполнети. Магистерската работа дава еден нов научен придонес за проценка на стабилноста на косините и нивно предвидување во иднина. Имено, разработените модели за проценка на стабилноста на косините, со примена на тренд анализата – регресионите анализи даваат можност за дефинирање на нови моделски пристапи за анализирање и предвидување на стабилноста на косините на откопните блокови.

Во магистерската работа е извршена комплетна анализа на 8 карактеристични профили од коишто, според обемот на расположливите податоци, беа избрани 3, и тоа 47 - 47', 53 - 53' и P09 - P09'. Искористени се голем број информациите од месечните извештаи за геотехничката стабилност на откопните блокови во периодот мај 2009 год. до април 2010 година. Со четири регресиони анализи: линеарна, полиномна од втор и трет степен и логаритамска се добиени аналитичките изрази на факторот на стабилност во функција од времето. Притоа се дадени и соодветни табеларните и изведени графикони од овие функции, и тоа посебно за секој профил, т.е. секоја анализиран метод за проценка на стабилноста на косините (методот на ламели, методот на Bishop, методот на Janbu и методот на Spencer), посебно. Значи, користени се вкупно за 3 профила по 4 методи за проценка со по 4 различни регресиони анализи, односно, вкупно 48 анализи. Притоа се констатирани следниве заклучоци:

- ✚ профилот 49 - 49', според тренд анализата, ќе биде стабилен во планираниот временски период во наредните 5 месеци. Овие проценки се поклопуваат со реалните (добиени од соодветните извештаи), по истекувањето на предвидениот период;

- ✚ профилот 53 - 53', според тренд анализата, треба биде релативно стабилен во планираниот временски период во наредните 5 месеци. Овие проценки, во мала мера, се поклопуваат со реалните (добиеени од соодветните извештаи, по истекувањето на предвидениот период). Овде треба да се нагласи дека е потребно планирање посебни мерки и постапки за стабилизација на косините.
- ✚ профилот P09 - P09' , според тренд анализата, треба биде релативно стабилен во планираниот временски период во наредните 5 месеци. Овие проценки, во мала мера, се поклопуваат со реалните (добиеени од соодветните извештаи, по истекувањето на предвидениот период). Овде исто така е потребно планирање посебни мерки и постапки за стабилизација;
- ✚ анализата на моделот 49 - 49' со 9 влезни низи на податоци даде многу пореални податоци од регресионите анализи. Имено, се добиваа вредности на R2 многу поголеми од оние што беа добиени со регресионите анализи на профилите P09 - P09' и 53 - 53', каде што се обработени по 5 влезни низи на податоци. Ова укажува на фактот дека за да се добијат пореални тренд анализи, е потребно е во влезот да се вклучат поголем број испитувања на подолг временски период;
- ✚ со испитувањата, направени од аспект на регресионите анализи, се дојде до констатацијата дека времето за предвидување со помош на тренд анализата, треба да биде што е можно пократко, дури и помало од дозволеното половина од влезниот временски период. Ова особено доаѓа до израз кај профилот 53 - 53' каде што 5 тренд анализа за месец јули 2010 год. многу отстапува од реалното предвидените. Ќелиите во табелите се маркирани со црвена боја.
- ✚ генерално гледано, стабилноста во рудникот „Суводол“ во периодот за кој што беа земени податоците за анализи, па се до периодот до којшто се предвидува тренд анализата, е со коефициент на стабилност речиси



на сите профили, под еден, па месец до месец, има благо зголемување дури над 1.3, односно зголемување дури 40 %. Овој тренд се поклопува со тренд анализите направени во оваа магистерска работа, особено кај профилот 49 - 49';

- ✚ од практичен аспект, состојбата на теренот во овој период е многу изменета, односно се стабилизираа сите поголеми свлечишта што беа активни во тоа време, освен некои локални пукнатини и одделни движења на материјалот;
- ✚ генерално, во рудникот „Суводол“ нема ниту еден извештај од геолошката служба за движење на целото лежиште;
- ✚ мерките и месечните планови за работа, што беа во функција за стабилизација на состојбата во рудникот „Суводол“ , дадоа резултати, така што се дојде до ситуација во која може да се зборува за релаксираност што се однесува до стабилноста на косините воопшто;
- ✚ се знае дека секој рудник е жива материја, затоа што состојбата во него се менува секојдневно, односно потребен е континуиран мониторинг, донесување и преземање низа мерки и активности за стабилизација на сите ситуации и настани поврзани со стабилноста на работните косини;
- ✚ во секој површински коп мора да се вршат редовни анализи, и тоа како на постојните така и на планираните настани околу стабилноста на работните косини, а со тоа се прави постојан мониторинг, предвидување на ризичните ситуации и нивно брзо решавање. Онаму каде што ќе се посвети доволно внимание на овие проблеми и навреме ќе се преземат мерки и активности за нивно спречување и елиминирање, многу помала веројатноста до дојде до дестабилизација на теренот и косините;

- ✚ ова пак, значи дека во секој рудник мора да се инвестира во натамошното усовршување за решавање на проблемите со стабилноста на работните косини;

Како предлзи и сугестии за натамошни истражување можат да се наведат следните:

- ✚ користење софистицирани методи за проценка на стабилноста на косините, особено преку употреба на методи со конечни елементи. Исто така, користење методи за правење просторни анализи, цртање и анализирање на дијаграми за напонската состојба во просторот, како и користење анализи за времето.
- ✚ повеќекратно анализирање и проценување, што подразбира користење лични методи за проценка на стабилноста на ист проблем и донесување на колективни веродостојни и навремени одлуки. Исто така, користење посигурни математички апарати, т.е. регресиони анализи со поголеми вредности на коефициентот на корелација;
- ✚ имплементирање на современи мерки и постапки за стабилизација на откопите на работните косини.

## 11. ПРИЛОЗИ

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

<b>Скици</b>	<b>Стр.</b>
<b>Скица 1.</b> Скица за одредување на максималната висина на роторните багери.....	16
<b>Скица 2.</b> Висина на копање на роторниот багер.....	17
<b>Скица 3.</b> Длабина на копање.....	19
<b>Скица 4.</b> Вкупна висина на копање.....	21
<b>Скица 5.</b> Шематски приказ на бочна косина.....	23
<b>Скица 6.</b> Агол на наклон на челна косина .....	25
<b>Скица 7.</b> Метода на ламели (Шведска метода) .....	37
<b>Скица 8.</b> Пресметка на стабилноста на косината по методата на Bishop.....	40
<b>Скица 9.</b> Испитување на стабилност на косините и падината по методот на Janbu .....	42
<b>Скица 10.</b> Пресметка на стабилност на косините по упростената метода на Janbu.....	44
<b>Скица 11.</b> Анализа на стабилност на косина по методата на Spenser .....	45
<b>Скица 12.</b> Параметри за пресметка на стабилност на косината по методот на Ноек .....	49

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

Слики	Стр.
<b>Слика 1.</b> Сателитска слика на околината на рудникот „Суводол” .....	51
<b>Слика 2.</b> Топографска карта на пошироката околина на наоѓалиштето .....	53
<b>Слика 3.</b> Просторна карта на рудникот Суводол .....	54
<b>Слика 4.</b> Геолошка градба на испитуваниот простор .....	55
<b>Слика 5.</b> Тектонска карта на истражуваниот простор .....	61
<b>Слика 6.</b> Приказ на профилот P09 – 09’ .....	75
<b>Слика 7.</b> Приказ на профилот 49 – 49’ .....	81
<b>Слика 8.</b> Пробивање на вода по бочните косини .....	147
<b>Слика 9.</b> Приказ на бочна косина со агол поголем од дозволеното .....	150
<b>Слика 10.</b> Начин на пратење на пукнатина .....	152

**Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки  
и постапки за нивна стабилизација**

---

<b>Табели</b>	<b>Стр.</b>
<b>Табела 1.</b> Висина на копање на роторен багер .....	18
<b>Табела 2.</b> Длабина на копање на роторен багер .....	20
<b>Табела 3.</b> Минимални агли на бочните косини на роторните багери.....	24
<b>Табела 4.</b> Преглед на аглите на наклон на челните косини од роторните багери .....	26
<b>Табела 5.</b> Минимални фактори на сигурност по Jumikis, Terzaghi и Peck .....	34
<b>Табела 6.</b> Фактор на сигурност .....	34
<b>Табела 7.</b> Табела за геомеханички параметри на материјалот .....	67
<b>Табела 8.</b> Резултати од анализата на профилот P08 - 08' .....	72
<b>Табела 9.</b> Резултати од анализата на профилот P09 - 09' .....	74
<b>Табела 10.</b> Резултати од анализата на профилот P10 - 10' .....	76
<b>Табела 11.</b> Резултати од анализата на профилот 47 - 47' .....	78
<b>Табела 12.</b> Резултати од анализата на профилот 49 - 49' .....	80
<b>Табела 13.</b> Резултати од анализата на профилот 53 - 53' .....	83
<b>Табела 14.</b> Резултати од анализата на профилот 55 - 55' .....	84
<b>Табела 15.</b> Резултати од анализата на профилот 76 - 76' .....	85
<b>Табела 16.</b> Најниски коефициенти на стабилност за профил P49 – 49' .....	89
<b>Табела 17.</b> Влезна табела за профил P49 – 49' .....	89
<b>Табела 18.</b> Влезна табела по метод на ламели за профил P49 – 49' .....	90

<b>Табела 19.</b> Добиени формули по метод на ламели за профил P49 – 49' .....	92
<b>Табела 20.</b> Влезна табела по метод на Bishop за профил P49 – 49' .....	94
<b>Табела 21.</b> Добиени формули по Bishop за профил P49 – 49' .....	96
<b>Табела 22.</b> Влезна табела по метод на Jambu за профил P49 – 49' .....	98
<b>Табела 23.</b> Добиени формули по Jambu за профил P49 – 49' .....	100
<b>Табела 24.</b> Влезна табела по метод на Spencer за профил P49 – 49' .....	103
<b>Табела 25.</b> Добиени формули по Spencer за профил P49 – 49' .....	105
<b>Табела 26.</b> Најниски коефициенти на стабилност за профил P09 – 09' .....	107
<b>Табела 27.</b> Влезна табела за профил P09 – 09' .....	108
<b>Табела 28.</b> Влезна табела по метод на ламели за профил P09 – 09' .....	108
<b>Табела 29.</b> Добиени формули по метод на ламели за профил P09 – 09' .....	110
<b>Табела 30.</b> Влезна табела по метод на Bishop за профил P09 – 09' .....	112

<b>Табела 31.</b> Добиени формули по Bishop	
за профил P09 – 09' .....	114
<b>Табела 32.</b> Влезна табела по метод на Jambu	
за профил P09 – 09' .....	117
<b>Табела 33.</b> Добиени формули по Jambu	
за профил P09 – 09' .....	119
<b>Табела 34.</b> Влезна табела по метод на Spencer	
за профил P09 – 09' .....	121
<b>Табела 35.</b> Добиени формули по Spencer	
за профил P09 – 09' .....	123
<b>Табела 36.</b> Најниски коефициенти на стабилност	
за профил P53 – 53' .....	126
<b>Табела 37.</b> Влезна табела за профил P53 – 53' .....	126
<b>Табела 38.</b> Влезна табела по метод на ламели	
за профил P53 – 53' .....	127
<b>Табела 39.</b> Добиени формули по метод на ламели	
за профил P53 – 53' .....	129
<b>Табела 40.</b> Влезна табела по метод на Bishop	
за профил P53 – 53' .....	131
<b>Табела 41.</b> Добиени формули по Bishop	
за профил P53 – 53' .....	133
<b>Табела 42.</b> Влезна табела по метод на Jambu	
за профил P53 – 53' .....	136



**Табела 43.** Добиени формули по Jambu

за профил P53 – 53' ..... 138

**Табела 44.** Влезна табела по метод на Spencer

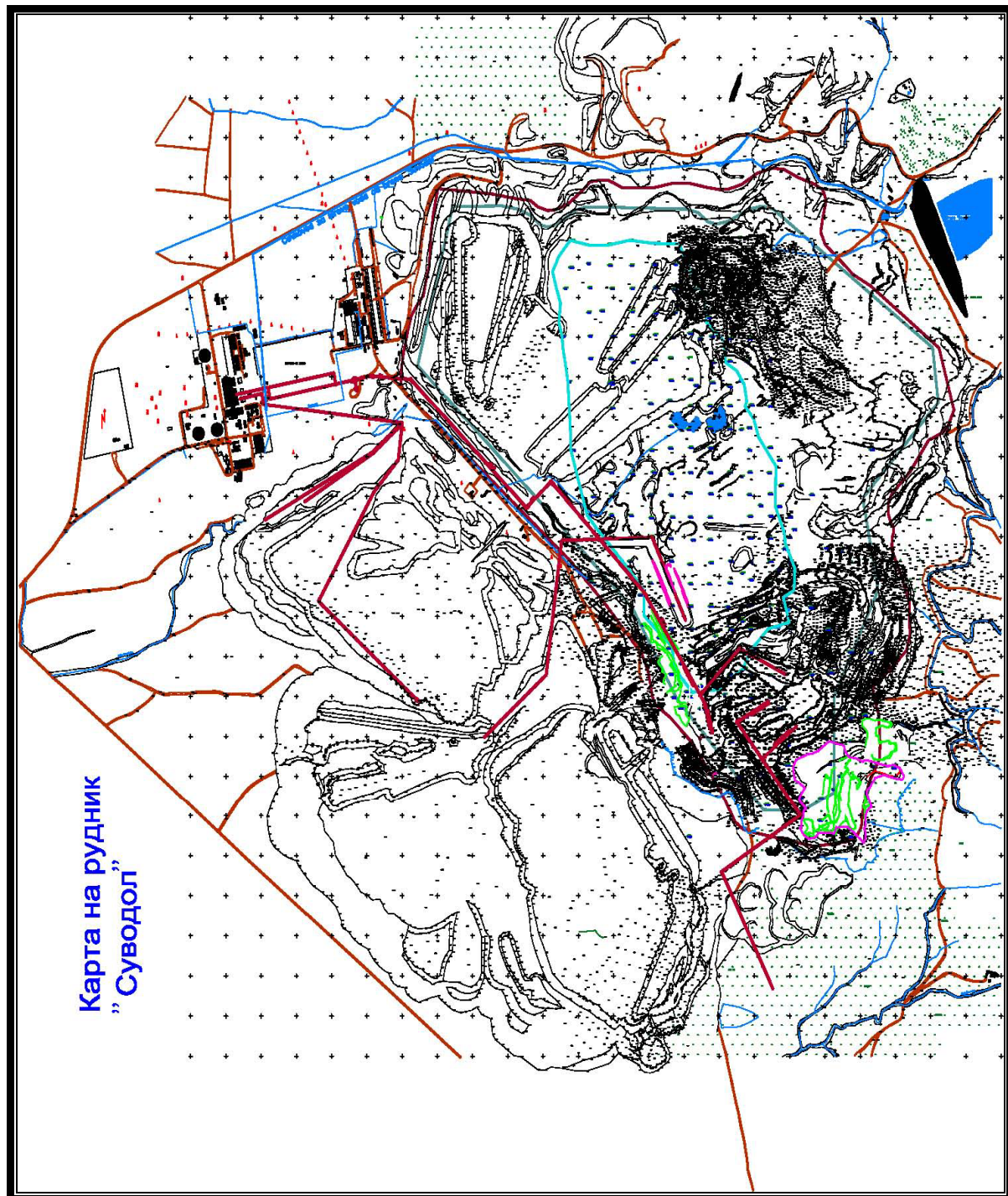
за профил P53 – 53' ..... 140

**Табела 45.** Добиени формули по Spencer

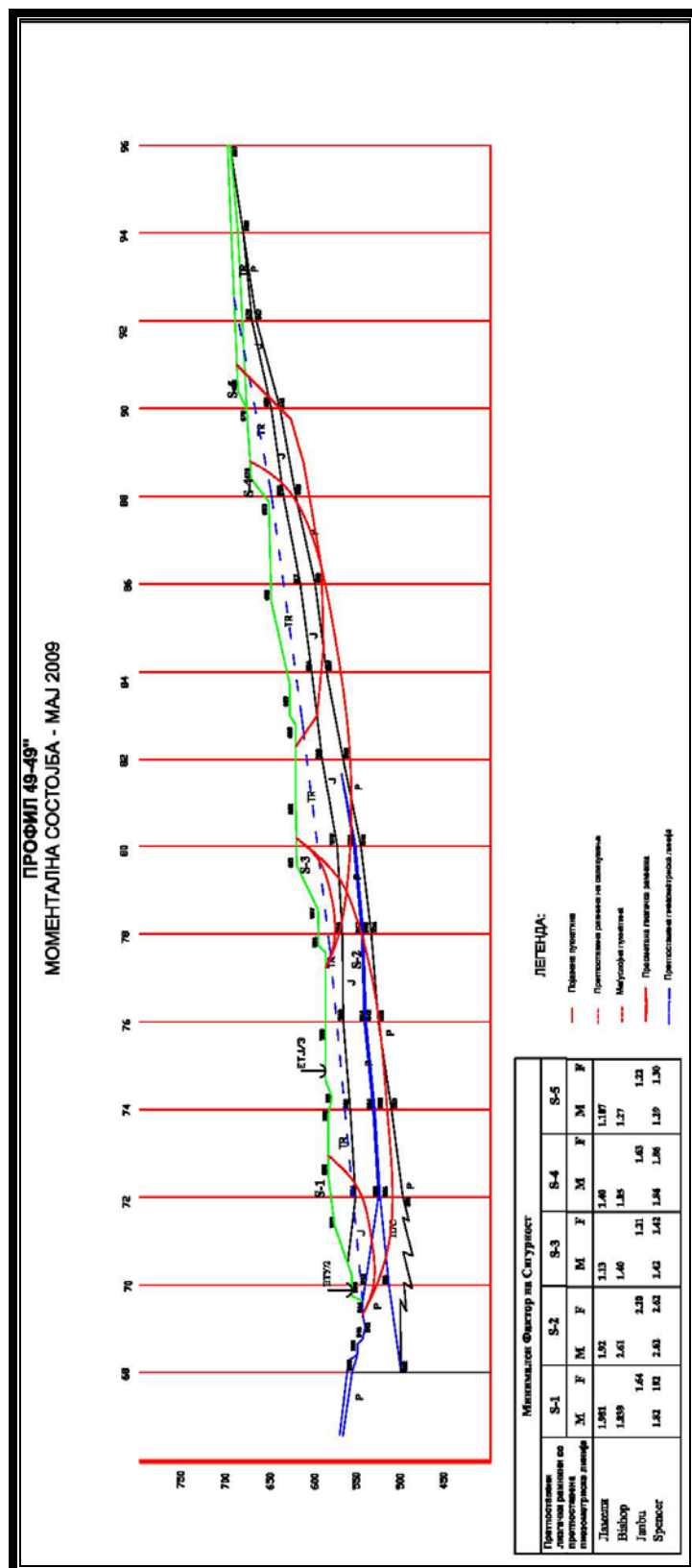
за профил P53 – 53' ..... 142

<b>Графици</b>	<b>Стр.</b>
<b>График 1.</b> Движењето на коефициентот на профилот P08 – 08' .....	73
<b>График 2.</b> Движењето на коефициентот на профилот P09 – 09' .....	75
<b>График 3.</b> Движењето на коефициентот на профилот P10 – 10' .....	77
<b>График 4.</b> Движењето на коефициентот на профилот 47 – 47' .....	79
<b>График 5.</b> Движењето на коефициентот на профилот 49 – 49' .....	81
<b>График 6.</b> Движењето на коефициентот на профилот 53 – 53' .....	83
<b>График 7.</b> Движењето на коефициентот на профилот 55 – 55' .....	84
<b>График 8.</b> Движењето на коефициентот на профилот 76 – 76' .....	85
<b>График 9.</b> Графички приказ по метода на ламели за профил P49 – 49' .....	93
<b>График 10.</b> Графички приказ по метода на Bishop за профил P49 – 49' .....	97
<b>График 11.</b> Графички приказ по метода на Jambu за профил P49 – 49' .....	101
<b>График 12.</b> Графички приказ по метода на Spencer за профил P49 – 49' .....	106
<b>График 13.</b> Графички приказ по метода на ламели за профил P09 – 09' .....	111
<b>График 14.</b> Графички приказ по метода на Bishop за профил P09 – 09' .....	115
<b>График 15.</b> Графички приказ по метода на Jambu за профил P09 – 09' .....	120

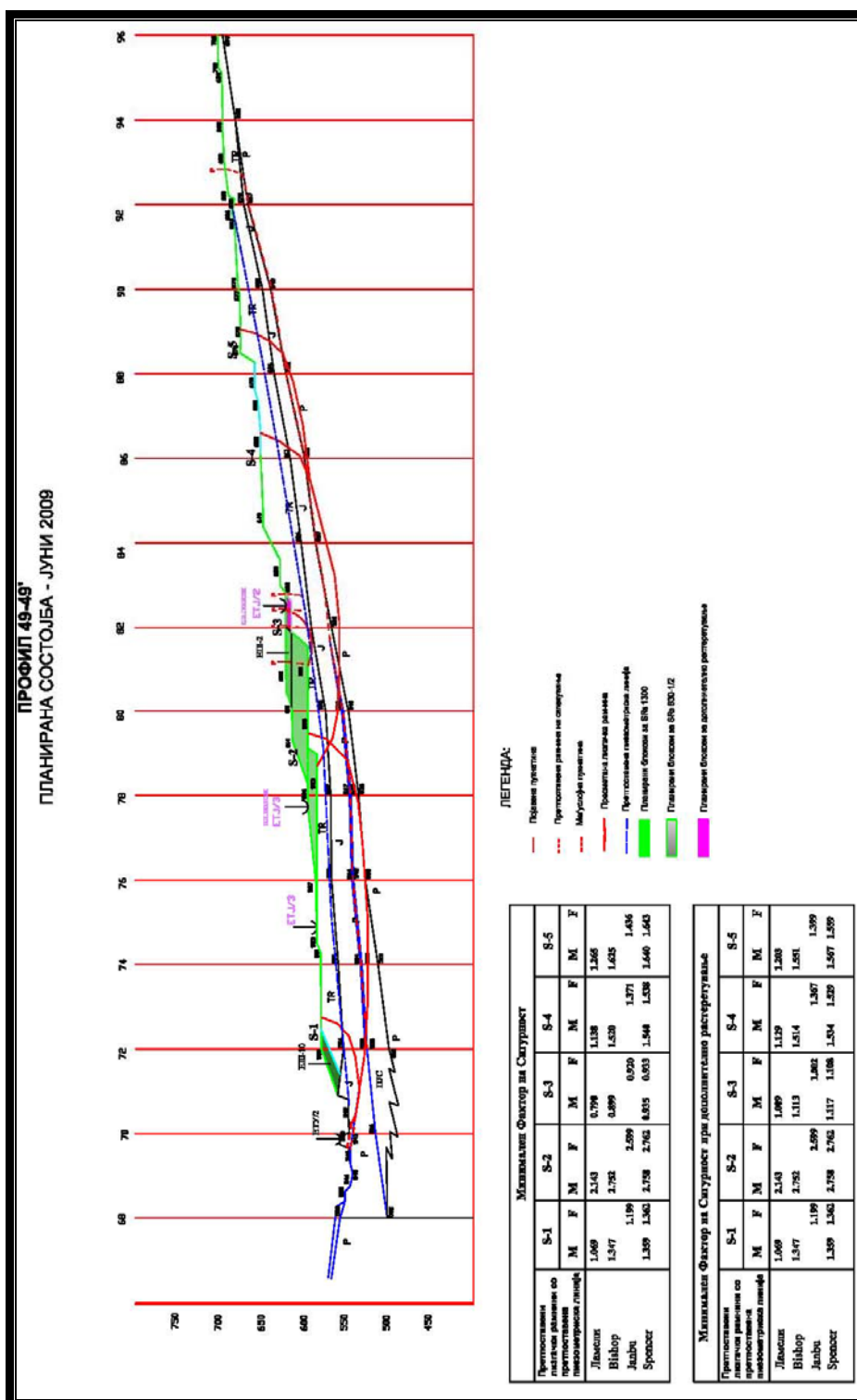
<b>График 16.</b> Графички приказ по метода на Spencer за профил P09 – 09' .....	124
<b>График 17.</b> Графички приказ по метода на ламели за профил P53 – 53' .....	130
<b>График 18.</b> Графички приказ по метода на Bishop за профил P53 – 53' .....	134
<b>График 19.</b> Графички приказ по метода на Jambu за профил P53 – 53' .....	139
<b>График 20.</b> Графички приказ по метода на Spencer за профил P53 – 53' .....	143

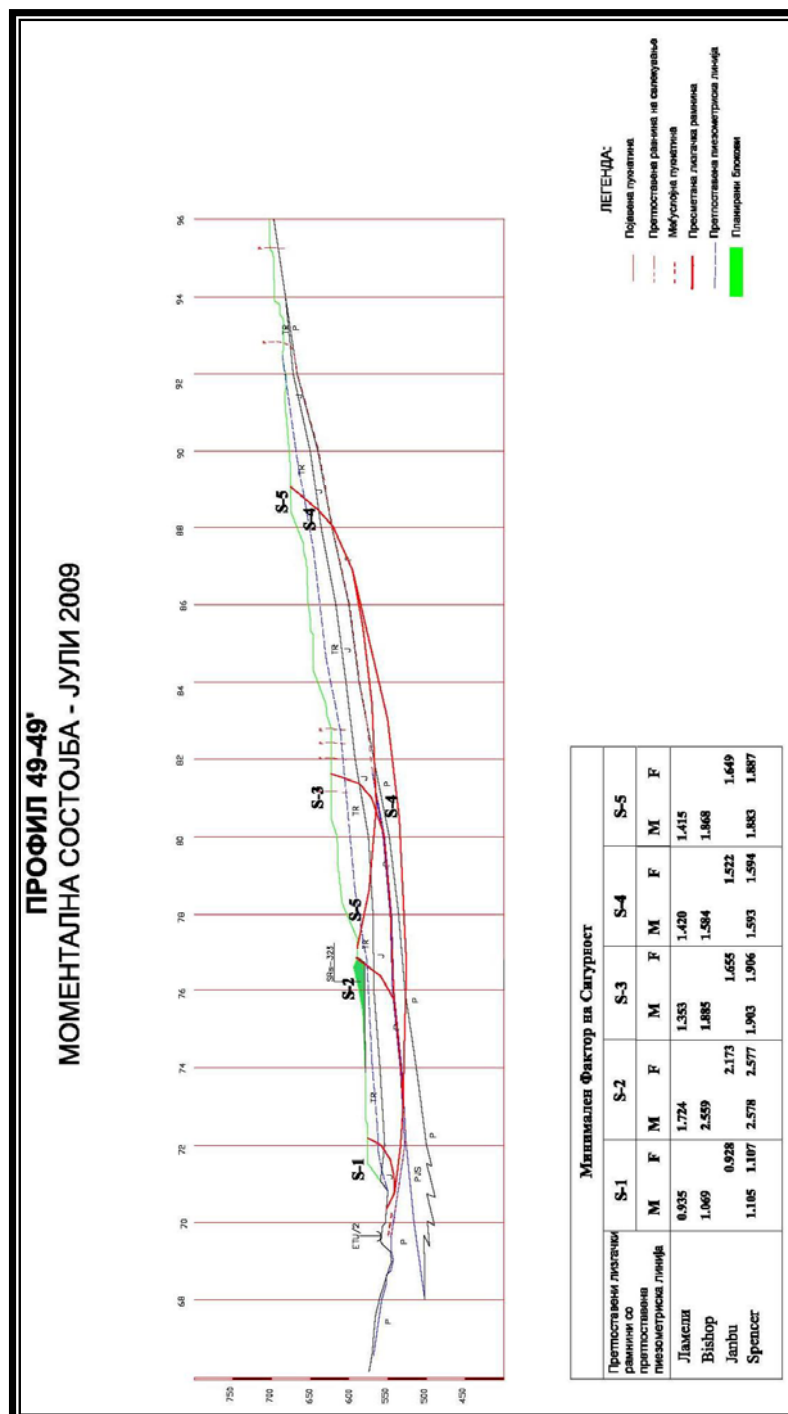


## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

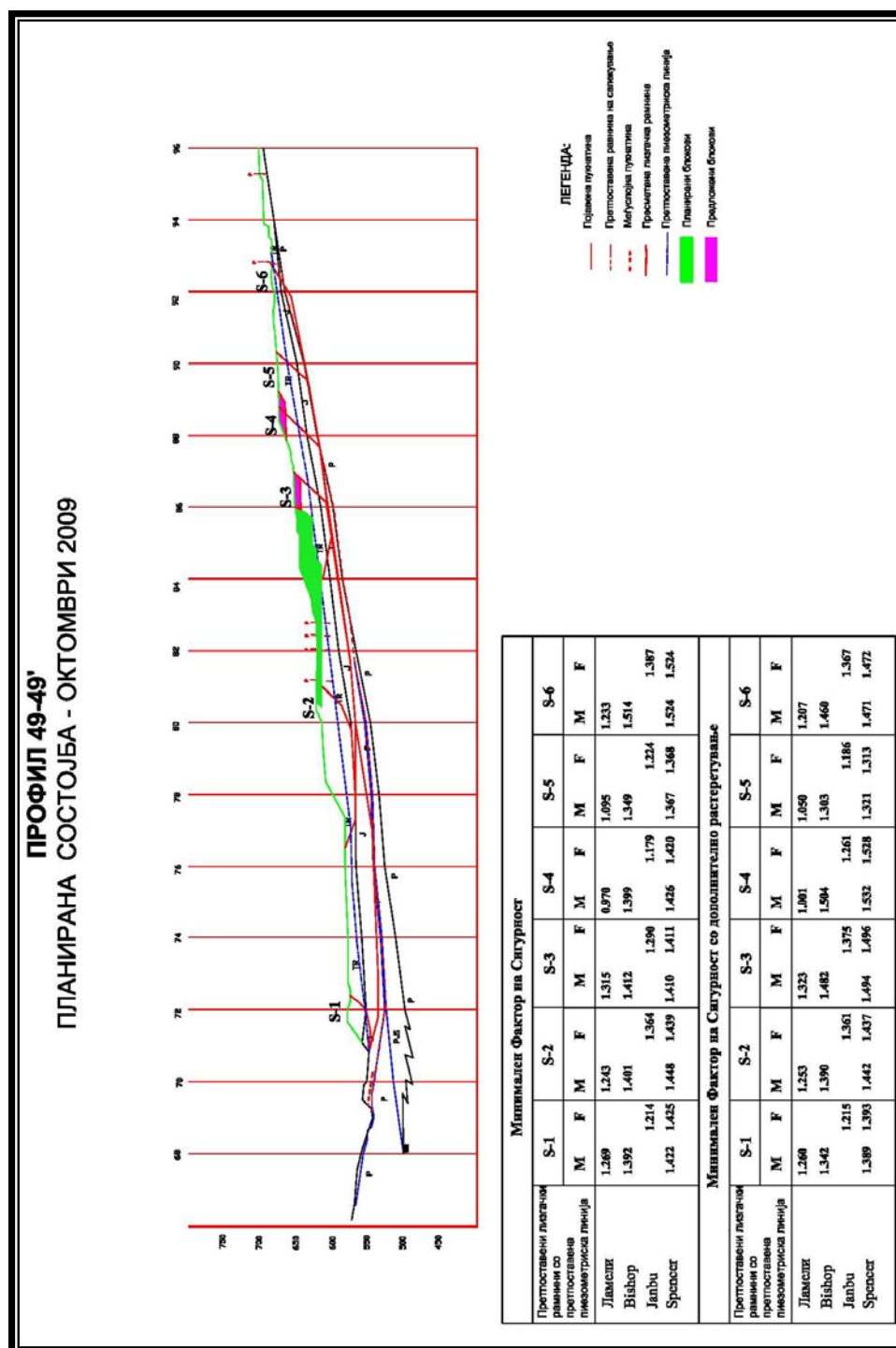


## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација



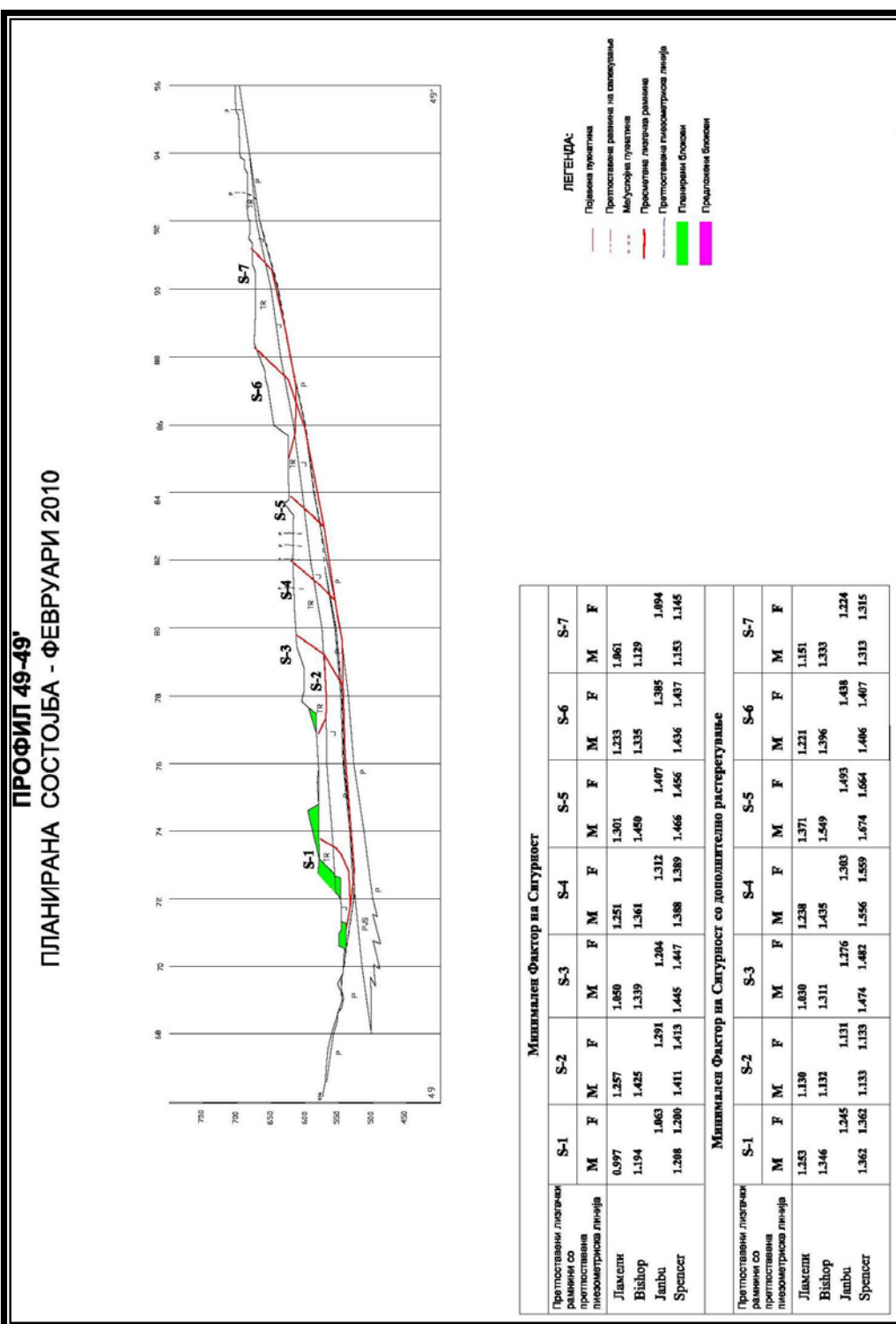


# Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

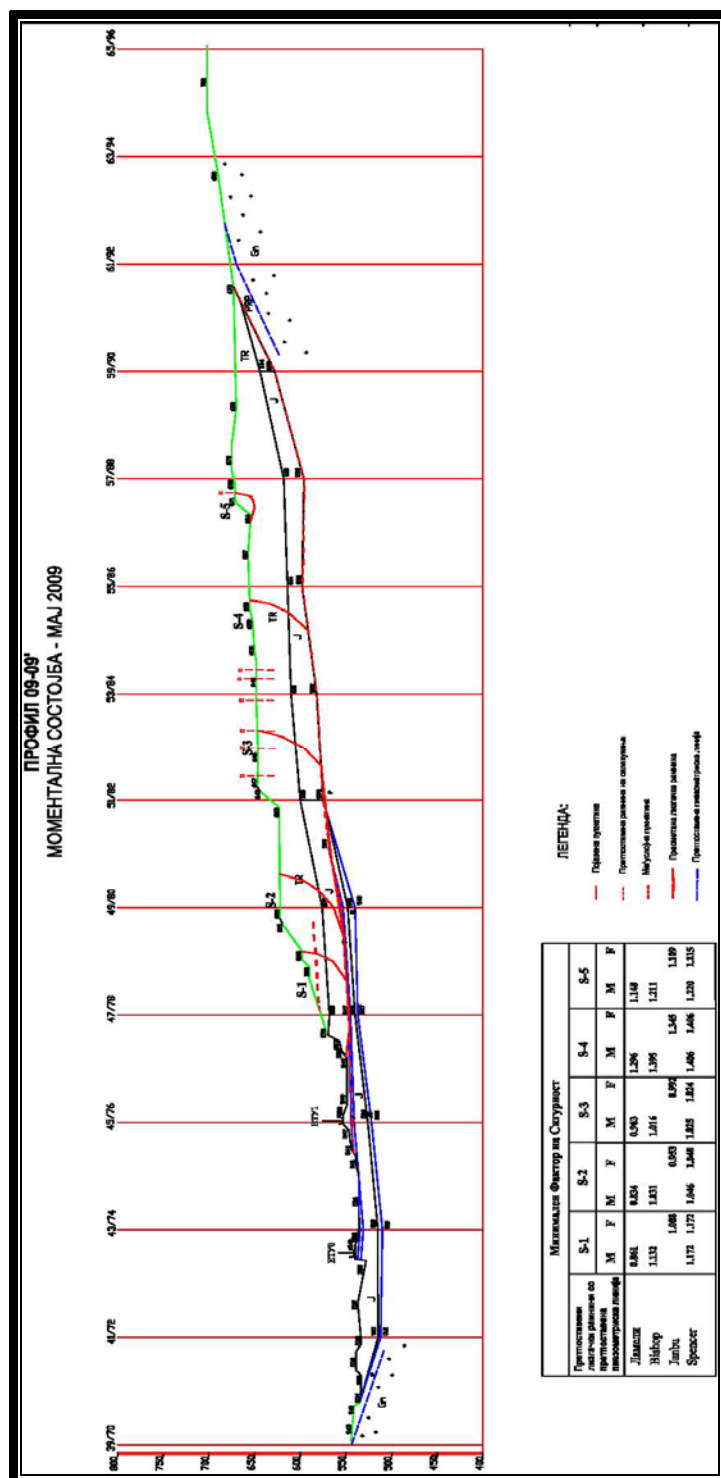




# Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

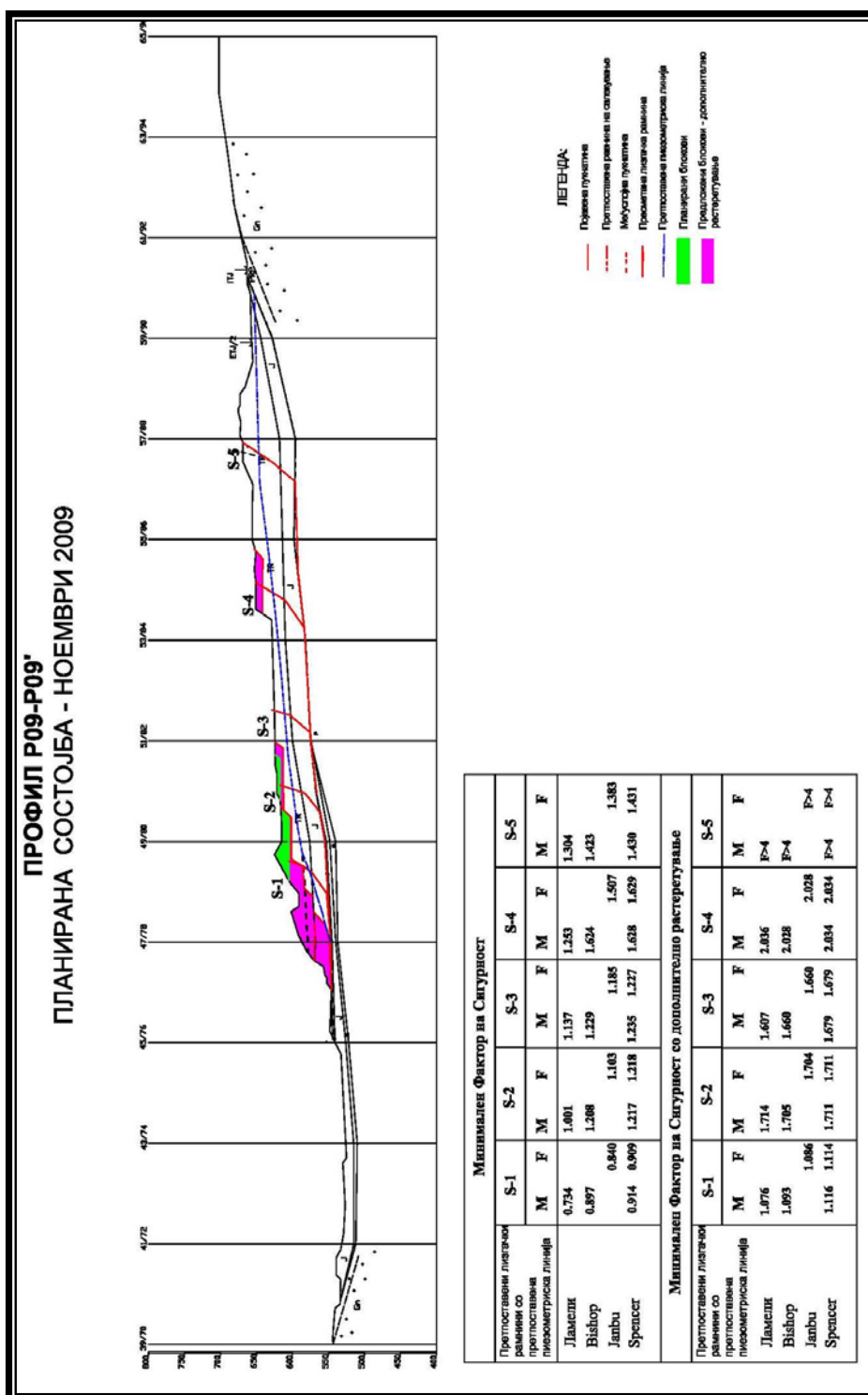


## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација



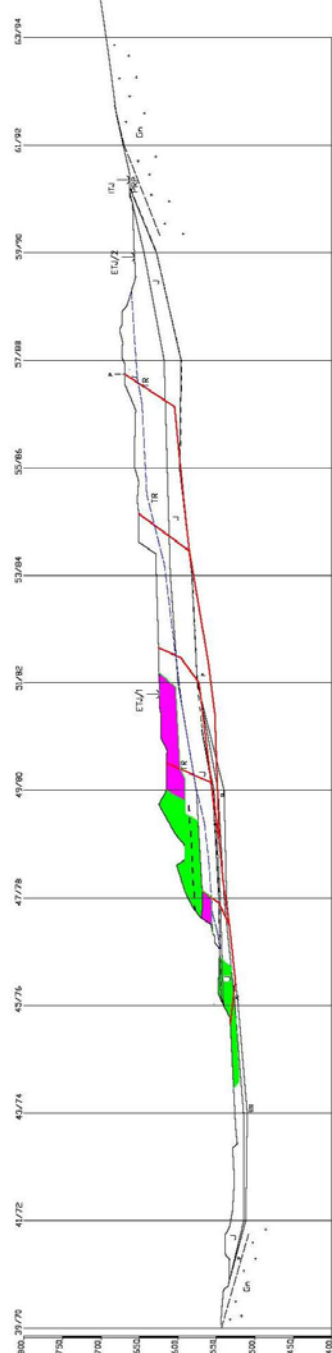


# Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

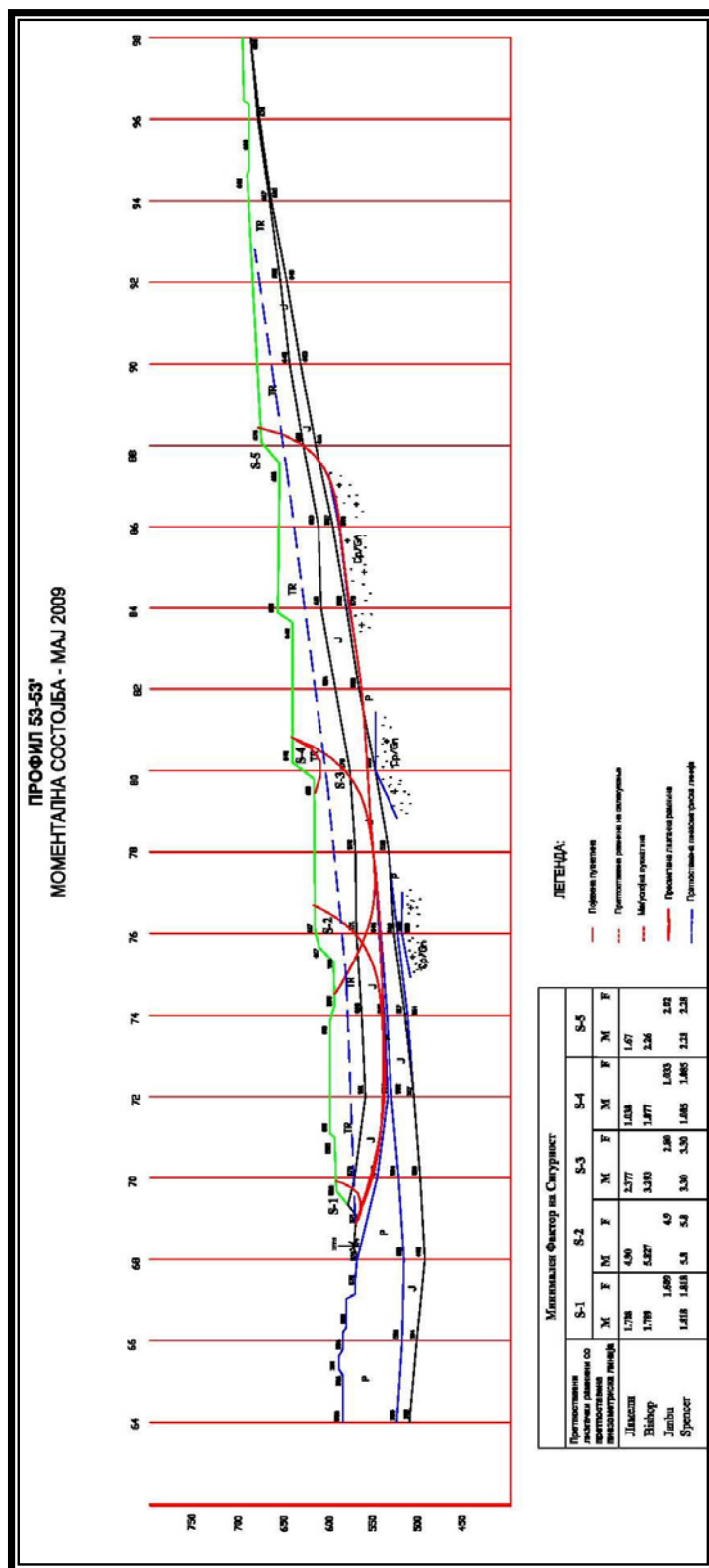


# Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

ПРОФИЛ R09-R09'  
ПЛАНИРАНА СОСТОЈБА - ДЕКЕМВРИ 2009

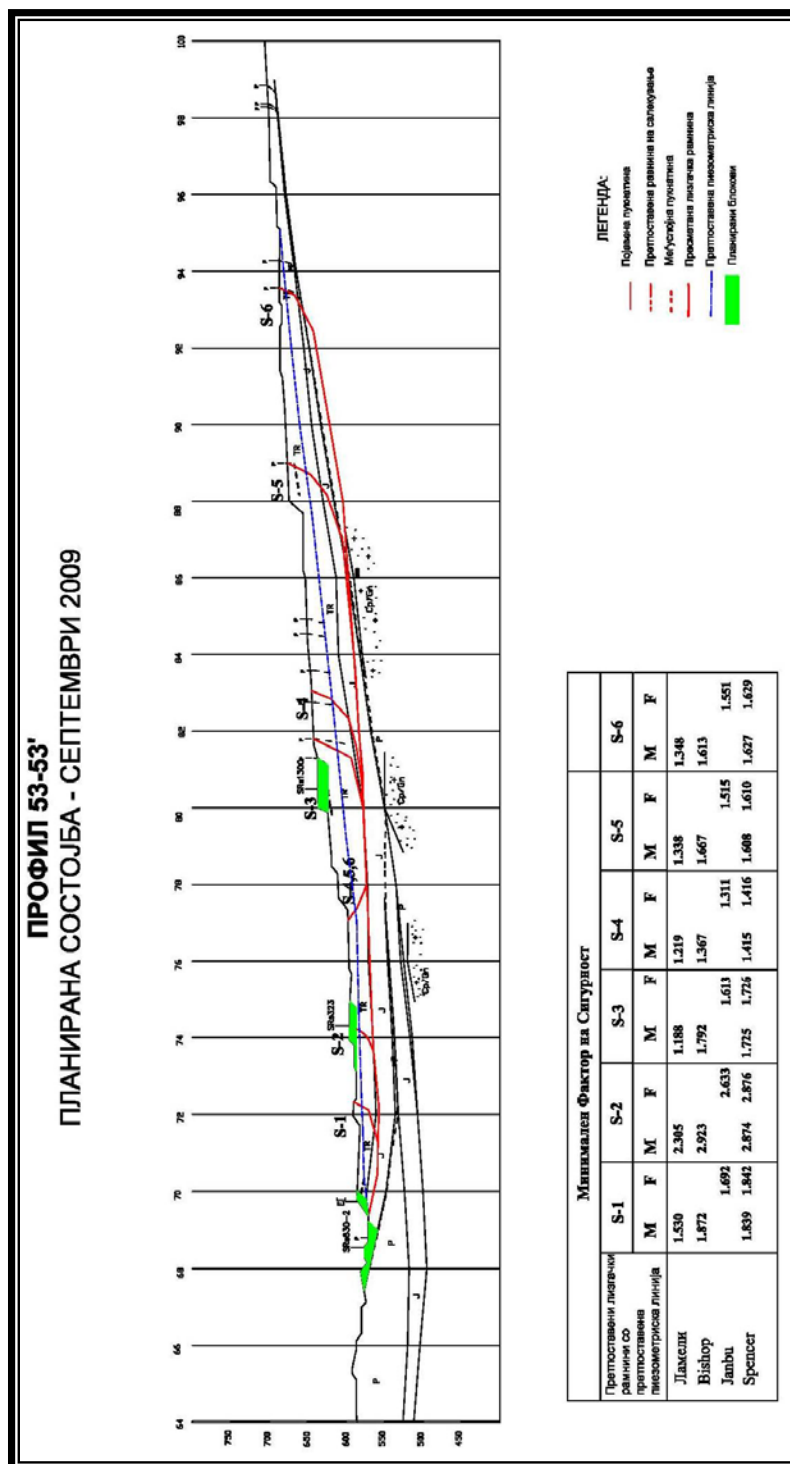


## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација



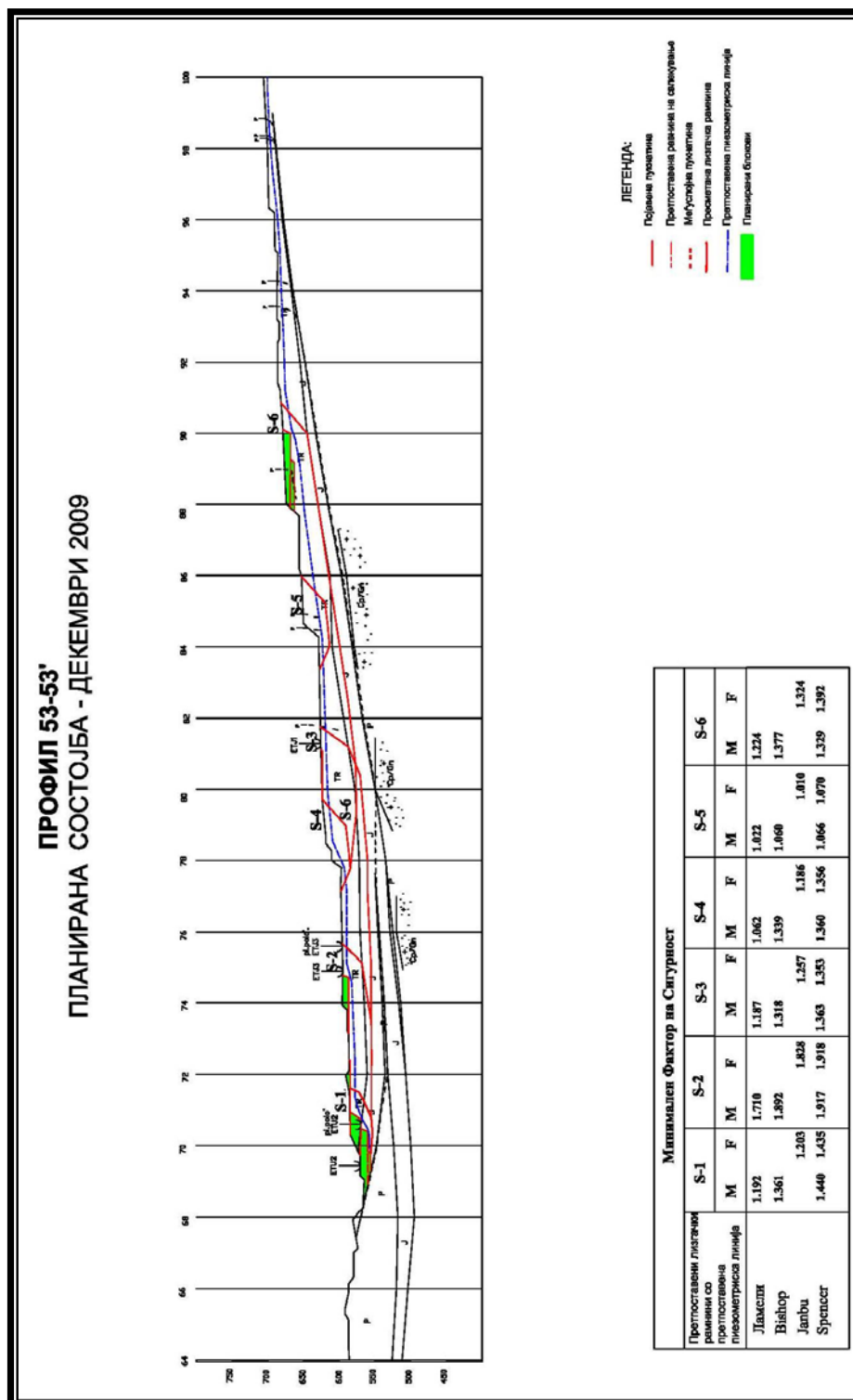


# Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација

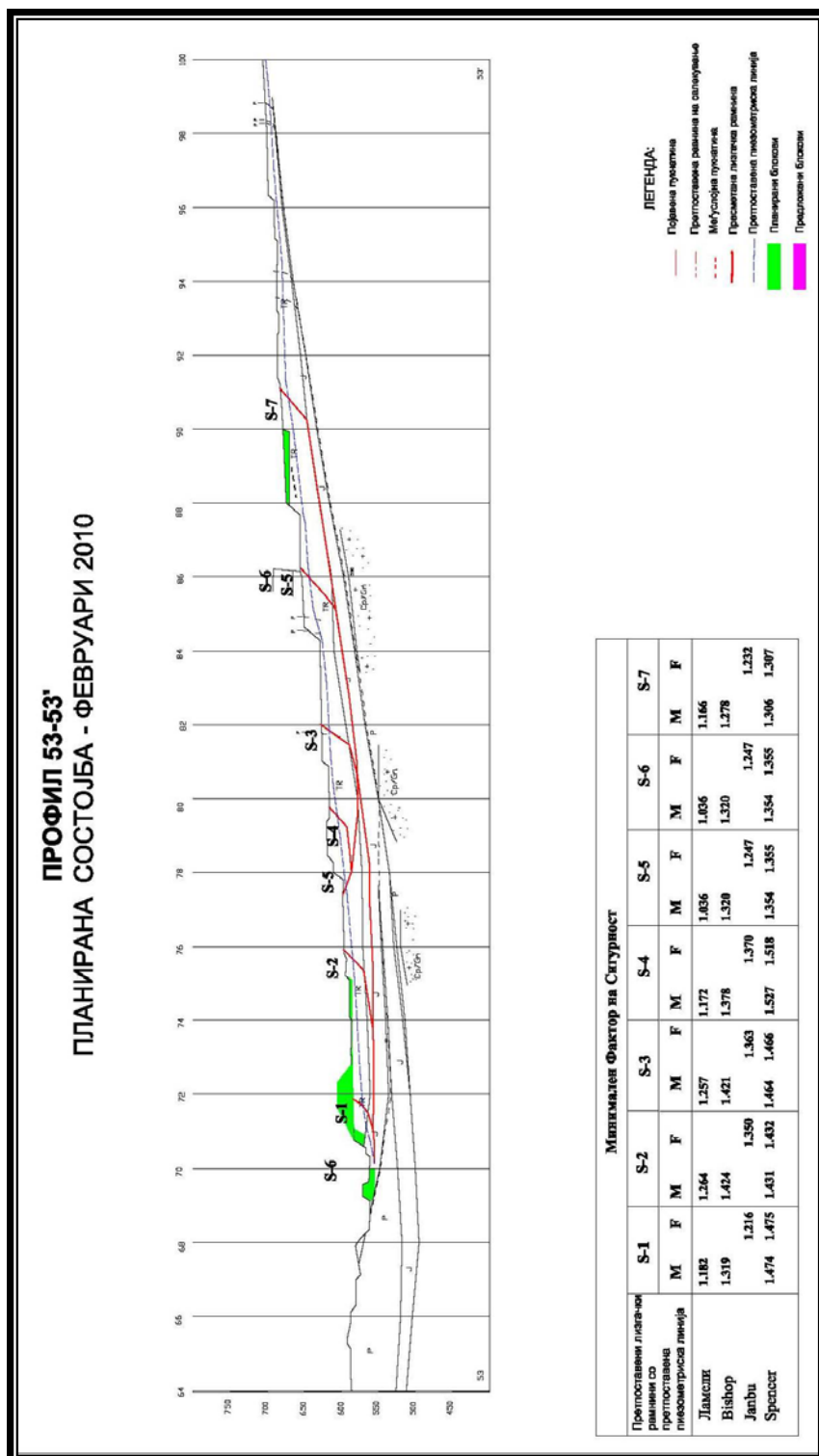




# Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација



## Проценка на геотехничка стабилност на работните косини и мерки и постапки за нивна стабилизација



## 12. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Bieniawski Z. T. 1968 The effect of specimen size on compressive strength of coal.
2. Bieniawski Z. T. 1989 Engineering Rock Mass Chssifications. John Wiley, New York
3. Bishop A. W. 1955 The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes.
4. Hoek, E. 1990 Rock Engineering, Course notes, Evert Hoek Consaliting Engineering, Canada
5. Hagan, T.N. 1982 Controlling blast-induced cracking around large caverns. Proc. ISRM Symp., Rock Mechanics Related to Caverns and Pressure Shafts , Aachen, West Germany.
6. Laubscher, D.H. and Taylor, H.W. 1976. The importance of geomechanics classification of jointed rock masses in mining operations. In Exploration for rock engineering, ed. Z.T. Bieniawski 1, 119-128. Cape Town: Balkema.
7. Panov, Z., 2006. Stabilization of the waste dump for ashes at the Oslomej mining and power company, Kicevo Macedonia, International Conference, Dubrovnik
8. Panov, Z., 2006. Geotechnical measurement of slope stability, IV Symosium of Mining, Faculty of Mining and Geology – Stip, Ohrid
9. Panov, Z., 2006. Assessment of slope stability and stress-strains in dimension stone excavation, Magazine about Macedonian Stone Industry - "Stone
10. Панов, З., 2007, Механика на карпи, Факултет за природни и технички науки, Универзитет “Св. Кирил и Методиј” – Скопје, Штип
11. Проектна документација, рудник “Суводол” – Битола